

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

Climbiê Ferreira Hall

**ORCHIDACEAE DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE
CALDAS NOVAS, GOIÁS, BRASIL**

Orientadora: Dr^a. Vera Lúcia Gomes-Klein

Co-orientador: Dr. Fábio de Barros

GOIÂNIA - GO

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

Climbiê Ferreira Hall

**ORCHIDACEAE DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DE
CALDAS NOVAS, GOIÁS, BRASIL**

Orientadora: Dr^a. Vera Lúcia Gomes-Klein

Co-orientador: Dr. Fábio de Barros

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Dr^a. Vera Lúcia Gomes-Klein

GOIÂNIA - GO

MARÇO – 2009

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Climbiê Ferreira Hall		
E-mail:	climbiehall@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:	Funape-Go (Anglo American)	Sigla:	Funape-Go
País:	Brasil	UF:	Go
		CNPJ:	00.799.205/0001-89
Título:	Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil		
Palavras-chave:	PESCAN; florística; orquídea; <i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm.; polinização.		
Título em outra língua:	Orchidaceae of the State Park of Serra de Caldas Novas, Goiás State, Brazil		
Palavras-chave em outra língua:	PESCAN, floristics, <i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm., pollination, florivory.		
Área de concentração:			
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	31/03/2009		
Programa de Pós-Graduação:	Ecologia e Evolução		
Orientador (a):	Vera Lúcia Gomes Klein		
E-mail:	Vlgomes.ufg@gmail.com		
Co-orientador (a):	Fábio de Barros		
E-mail:	fdebarros@usp.br		

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: Esperar um ano para disponibilizar

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Assinatura do (a) autor (a)

Data: 07 / 08 / 2009

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

*Dedico esse estudo para minha
mãe Maria Zita Ferreira e meu pai
Bryon Richard Hall*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral e Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, pelo ensino público, gratuito e de qualidade, do qual usufruí e pela infra-estrutura para a realização da pesquisa.

À Dra. Vera Lúcia Gomes-Klein pela orientação e ensinamentos ministrados desde a graduação até agora no mestrado.

Ao meu co-orientador Dr. Fábio de Barros do Instituto de Botânica de São Paulo pela ajuda nas identificações das espécies de orquídeas e pelas sugestões e correções da dissertação.

À Fundação de Apoio a Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (FUNAPE-UFG) pela bolsa concedida, que me permitiu financiar minhas viagens ao campo.

Aos meus pais, Maria Zita Ferreira e Bryon Hall, que me apoiaram e incentivaram nesta construção acadêmica e na minha própria vida.

À minha irmã Anand Awa, pelo companheirismo.

À minha namorada Caroline de Oliveira Martins pelo apoio nos trabalhos de campo e na vida.

Aos meus familiares pelo carinho com que sempre me trataram principalmente minhas tias: Maria de Lourdes, Santília, Maria do Carmo, Eliete e Maria de Jesus.

A todos que auxiliaram nos trabalhos de campo, especialmente Leonardo Bergamini e Augusto Francener Nogueira Gonzaga que também identificou as espécies de Malpighiaceae.

À Agência Ambiental do Estado de Goiás pela autorização para a realização do trabalho e à diretoria e funcionários do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas pela concessão do alojamento e informações sobre o parque.

À Dra. Maria Cristina Gaglianone da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela identificação das abelhas.

À Dra. Maria Amélia Vitorino C. Barros do Instituto de Botânica de São Paulo pela identificação dos grãos de pólen.

Aos curadores dos herbários IBGE, SP e UFG, por viabilizar o acesso às coleções.

Ao Dr. Paulo De Marco Júnior e ao doutorando Leandro Juen ambos da Universidade Federal de Goiás pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos professores do programa de pós-graduação, que contribuíram significativamente para a minha formação profissional.

À Dra. Edivani Villaron Franceschinelli da Universidade Federal de Goiás que por suas aulas sobre biologia floral e reprodutiva de plantas me inspirou a elaborar dois capítulos deste estudo.

Aos colegas do Laboratório de Morfologia e Taxonomia Vegetal do Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás pela ajuda e amizade de todos.

Aos colegas de turma pelas boas conversas durante estes dois anos.

E a todos os demais que, de alguma forma, contribuíram nesse projeto.

RESUMO

(Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil). Neste estudo foi realizado um levantamento das espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), bem como um estudo da biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. e o efeito da herbivoria floral sobre o sucesso reprodutivo desta espécie que ocorre nos campos rupestres do PESCAN. A família Orchidaceae, constituída por 850 gêneros, com cerca de 20.000 espécies, apresenta distribuição cosmopolita, mas com maior concentração na região tropical. No Brasil, são encontrados 200 gêneros, com mais de 2.500 espécies, sendo considerado o terceiro país do mundo em diversidade, perdendo apenas para Equador e Colômbia. No Bioma Cerrado, a família é representada por 666 espécies, sendo que no PESCAN foram encontradas 12 destas espécies, distribuídas em sete gêneros. O hábito mais comum entre as espécies ocorrentes no PESCAN é o terrestre e a época de floração predominante é na estação chuvosa. Apenas uma espécie floresce na estação seca, *C. eugenii*, uma espécie muito comum no PESCAN, florescendo entre os meses de maio e setembro. As flores de *C. eugenii* são amarelo-pálidas com máculas castanhas, porém o labelo é amarelo-vivo. A única espécie, encontrada neste estudo como polinizador de *C. eugenii* foi *Centris (Trachina) fuscata* Lepeletier, 1841 (Anthophoridae, Centridini). Apesar de *C. eugenii* não oferecer recompensa floral ao seu polinizador, seu labelo parece mimetizar a flor de *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss. uma espécie de Malpighiaceae de flor amarela, produtora de óleo, enganando assim o polinizador. Assim como em outras espécies sem recompensa, *C. eugenii* recebe poucas visitas de seu polinizador, e conseqüentemente, possui baixa taxa de produção de frutos. *Cyrtopodium eugenii* é auto-compatível, porém não foram gerados frutos por auto-polinização espontânea, assim como por agamosperma. Observações preliminares realizadas no campo revelaram que as inflorescências e flores de *C. eugenii* sofrem constante florivoria ou herbivoria floral. A quantificação desta herbivoria natural mostrou que 55,20% das flores não sofreram herbivoria enquanto 15,45% foram inutilizadas pelo consumo das estruturas sexuais (efeitos diretos da florivoria). Foram encontradas mais flores com herbivoria no labelo (20,50%) do que com herbivoria em outros verticilos (18,92%). Um experimento manipulativo mostrou que há uma diminuição significativa no sucesso reprodutivo (masculino e feminino) de *C. eugenii* apenas quando a herbivoria ocorre no labelo (efeitos indiretos da florivoria). Esse resultado indica que o labelo é a parte da flor mais importante na atração do polinizador e para a reprodução

de *C. eugenii*, pois apesar de um alto nível de herbivoria nos outros verticilos ter sido aplicada, não houve diminuição significativa no sucesso feminino e masculino dos indivíduos.

Palavras-chave – PESCAN; florística; orquídea; *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm.; polinização.

ABSTRACT

(Orchidaceae of the State Park of Serra de Caldas Novas, Goiás State, Brazil). This study conducted a survey of the Orchidaceae species occurring at State Park of Serra de Caldas Novas (PESCAN) and a study of the floral biology and reproductive biology of *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. and the effect of floral herbivory on reproductive success of this specie that occurs in the rocky fields of PESCAN. The Orchidaceae family consists of 850 genera, with about 20000 species, and has cosmopolitan distribution, but its greatest concentration is in the tropical region. In Brazil, 200 genera are found, with more than 2500 species, and then, it is considered the third country in the world in diversity of orchids, only inferior to Ecuador and Colombia. In the Cerrado Biome, the family is represented by 666 species, from these, 12 species and 7 genera were found in PESCAN. The most common habit among the species that occur in PESCAN is the terrestrial and the predominant flowering season is the rainy season. Only one specie flowers in the dry season, *C. eugenii*, a common specie in PESCAN, which flowers from May to September. *Cyrtopodium eugenii* flowers are pale-yellow with brown spots, but the lip is bright-yellow. The only species found as a pollinator of *C. eugenii* was *Centris (Trachina) fuscata* Lepeletier, 1841 (Anthophoridae, Centridini). Although *C. eugenii* offers no floral rewards to pollinators, its lip seems to mimic flowers of *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss., a yellow-flowered oil producer Malpighiaceae. Thereby, *C. eugenii* deceives the pollinator. As in other species without reward, *C. eugenii* receives few visits from their pollinator, and consequently has a low fruit production rate. *Cyrtopodium eugenii* is self-compatible, but no fruit was generated by spontaneous self-pollination as well as agamospermy. Preliminary field observations revealed that inflorescences and flowers of *C. eugenii* experience continuous florivory. The natural florivory quantification shows that 55.20% of the flowers weren't eaten,

while in 15.45% sexual structures were eaten (florivory direct effect). More flowers had the lip damaged (20.50%) than the other petals and sepals (18.92%). A manipulative experiment showed a significant decrease in *C. eugenii* reproductive success (male and female), only if the florivory occurred in the lip (florivory indirect effects). This result indicates that the lip is the most important flower part to attract the pollinator and to *C. eugenii* reproduction, because even with a high level of herbivory in the other petals and sepals, the reproductive success didn't decay significantly.

Key-words – PESCAN, floristics, *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm., pollination, florivory.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	4
ÁREA DE ESTUDO	5
Capítulo 1 – Biologia floral e reprodutiva de <i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae).....	7
Resumo	8
Introdução	8
Material e métodos.....	10
Área de estudo.....	10
Morfologia, fenologia e biologia floral	10
Sistema reprodutivo.....	10
Espécies modelo.....	11
Resultados e discussão	11
Agradecimentos	19
Referências bibliográficas.....	19
Capítulo 2 – Efeitos diretos e indiretos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de <i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae).....	23
Resumo	24
Introdução	25
Material e métodos.....	26
Área de estudo.....	26
Espécie em estudo	26
Coleta e análise de dados	27
Resultados e discussão	29
Agradecimentos	35
Referências bibliográficas.....	35
Capítulo 3 – Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil	39
Resumo	40
Introdução.....	40

Material e métodos.....	42
Área de estudo.....	42
Coletas, tratamento e identificações.....	42
Resultados e discussão.....	43
Chave para identificação das espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	43
Descrição das espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	44
<i>Catasetum</i> sp.	44
<i>Cleistes mantiqueirae</i> (Rchb. f. & Warm.) Schltr.....	45
<i>Cleistes paranaensis</i> (Barb. Rodr.) Schltr.	46
<i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm.	47
<i>Galeandra montana</i> Barb. Rodr.	48
<i>Galeandra</i> sp.	49
<i>Habenaria leprieuri</i> Rchb. f.	49
<i>Habenaria petalodes</i> Lindl.	50
<i>Habenaria secundiflora</i> Barb. Rodr.	51
<i>Koellensteinia tricolor</i> (Lindl.) Rchb. f.	52
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	53
<i>Polystachya</i> sp.	54
Hábitat, preferência de substrato, época de floração e frequência das espécies de Orchidaceae encontradas no PESCAN	57
Comparação da riqueza de Orchidaceae do PESCAN com as de outras localidades.....	58
Agradecimentos	60
Referências bibliográficas.....	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
BIBLIOGRAFIA GERAL.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

- Figura 1** – Localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) – A) Território brasileiro com o Bioma Cerrado em destaque; B) Estado de Goiás; C) Localização do PESCAN entre as cidades de Caldas Novas e Rio Quente6
- Tabela 1** – Fenologia de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque Estadual de Serra de Caldas Novas12
- Tabela 2** – Produção de frutos de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. sob diferentes condições15
- Figura 2** – Morfologia floral e polinização de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque estadual da Serra de Caldas Novas - A e B) Vista lateral e frontal de flores de *C. eugenii*; C) Cálice e corola dissecados; D) *Centris (Trachina) fuscata* em visita a flor de *C. eugenii*; E) Polinizador com polínia aderida à parte posterior da cabeça; F) Fruto de *C. eugenii*17
- Figura 3** – Plantas co-ocorrentes, que florescem na mesma época e apresentam coloração amarela semelhante ao labelo de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (presentes no Parque estadual da Serra de Caldas Novas): A) *Senna* sp.; B) *Ouratea hexasperma*; C e D) *Banisteriopsis gardneriana*; E e F) *Tetrapterys ramiflora*.....18
- Figura 4** – Tratamentos aplicados simulando herbivoria natural às flores de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas - A) Herbivoria do lobo central do labelo; B) Herbivoria do lobo central e dos lobos laterais do labelo; C) Controle (sem herbivoria); D) Herbivoria de cerca de 30% de cada uma das outras pétalas e das sépalas; E) Herbivoria de cerca de 70% de cada uma das outras pétalas e das sépalas; F) Aspecto de uma inflorescência tratada28
- Tabela 3** – Sucesso reprodutivo de flores de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. submetidas à diferentes tratamentos simulando herbivoria no Parque estadual da Serra de Caldas Novas31
- Figura 5** – Florivoria de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – A) Inflorescência do experimento que foi totalmente destruída pela florivoria; B) Ortóptera consumindo uma flor de *C. eugenii*; C) Flor de *C. eugenii* que sofreu herbivoria; D) Formiga atacando um ortóptera; E) Coleóptera consumindo flor de *C. eugenii*; F) Ortóptera consumindo inflorescência de *C. eugenii*34
- Figura 6** – Orchidaceae encontradas no PESCAN - A) *Cleisthes mantiqueirae* (Rchb. f. & Warm.) Schltr (*Hall et al.* 528); B) *Cleisthes paranaensis* (Barb. Rodr.) Schltr. (*Hall et al.* 519); C) *Galeandra montana* Barb. Rodr. (*Hall et al.* 533); D e E) *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (*Hall et al.* 661); F) *Galeandra* sp. (não coletada)55
- Figura 7** – Orchidaceae encontradas no PESCAN - A) *Habenaria leprieuri* Rchb. f. (*Hall et al.* 532); B) *Habenaria secundiflora* Barb. Rodr. (*Hall et al.* 522); C) *Habenaria petalodes* Lindl. (*Hall et al.* 526); D) *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f. (*Hall et al.* 523); E e F)

<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl. (<i>Hall et al.</i> 524), foto F exemplar da Serra dos Pireneus (<i>Hall et al.</i> 283)	56
Tabela 4 – Espécies de Orchidaceae registradas no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO, Brasil	57
Tabela 5 – Comparação entre o número de gêneros e espécies de Orchidaceae registradas em levantamentos diversos no Bioma Cerrado	59

INTRODUÇÃO GERAL

A Família Orchidaceae

A família Orchidaceae é constituída por cerca de 20.000 espécies (DRESSLER, 1993), apresenta distribuição cosmopolita, mas sua maior concentração ocorre nas regiões tropicais. Segundo Atwood (1986), as orquídeas formam o maior grupo de plantas epífitas, sendo que aproximadamente 73% da família apresentam este hábito. No Brasil, são encontrados 200 gêneros, com mais de 2500 espécies, sendo considerado o terceiro país do mundo em diversidade, perdendo apenas para Equador e Colômbia (SOUZA & LORENZI, 2008).

As Orchidaceae estão inseridas na ordem Asparagales (APG II, 2003), juntamente com famílias como Agavaceae, Amaryllidaceae, Alliaceae e Iridaceae. Segundo Dressler (1993), as principais características de um grupo em evolução ativa estão presentes dentro da família Orchidaceae e por isso as espécies, gêneros, tribos e subtribos são de difícil delimitação. Ainda segundo o mesmo autor, a família Orchidaceae era dividida em cinco subfamílias: Apostasioideae, Cyripedioideae, Epidendroideae, Orchidoideae e Spiranthoideae. Porém segundo Pridgeon et al. (1999; 2001; 2003; 2005) as mais recentes análises filogenéticas demonstraram que Spiranthoideae está inserida dentro de Orchidoideae e apontaram Vanilloideae como uma subfamília separada de Epidendroideae.

O Bioma Cerrado e a família Orchidaceae

O Cerrado é um dos *hotspots* mundiais de diversidade (MYERS et al., 2000) e constitui o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, ocupando cerca 2 milhões de km², aproximadamente 25% do território brasileiro (DIAS, 1992). Este bioma abrange o Distrito Federal e quase todo o território dos Estados de Goiás e Tocantins, além de partes da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo e algumas manchas na região amazônica. Segundo Mendonça et al. (2008), o Cerrado possui 666 espécies de Orchidaceae, o que a torna uma das famílias mais representativas em número de espécies, apesar de não compor um elemento dominante da vegetação local. Mas apesar da importância florística desta família neste bioma, poucos autores têm tratado do assunto.

O Distrito Federal, até o momento, é o lugar mais amostrado (e.g. FILGUEIRAS & PEREIRA, 1994; BATISTA & BIANCHETTI, 2003; BATISTA et al., 2005), sendo que atualmente, em uma análise da literatura percebe-se que o Distrito Federal possui mais espécies de orquídeas registradas do que Goiás e Tocantins juntos (BIANCHETTI et al., 2005). Independentemente da real diversidade local da família isso demonstra o quão pequeno ainda é o esforço de coleta realizado no Bioma Cerrado e a importância de levantamentos florísticos.

Por sua beleza e exotismo, as orquídeas são utilizadas como plantas ornamentais, sendo muitas vezes retiradas de seus ambientes naturais. Esta prática extrativista somada aos problemas enfrentados pelo Cerrado como a destruição dos habitats pelo desmatamento e para pastagens leva muitas espécies ao perigo de extinção (KLINK & MACHADO, 2005). Os primeiros passos para um maior conhecimento da família Orchidaceae em Goiás, são a localização das espécies, o estudo de sua biologia e dos seus habitats naturais. A elaboração de listagens das espécies ocorrentes nas diversas regiões do estado fornece subsídios para a preservação das espécies “*in situ*”, circunscrevendo as áreas de maior riqueza e biodiversidade, e as áreas onde são encontradas espécies raras e ameaçadas de extinção.

Biologia floral e mimetismo em Orchidaceae

Dentre os recursos florais coletados por polinizadores de flores de Orchidaceae, estão o néctar, óleos, fragrâncias florais, ceras, resinas, tricomas alimentares e pseudopólen (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; SIMPSON & NEFF, 1981). Porém aproximadamente um terço das espécies de orquídeas não oferece qualquer tipo de recompensa aos polinizadores (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; COZZOLINO & WIDMER, 2005). Essas orquídeas enganam os polinizadores mimetizando principalmente duas formas: (1) fêmeas da espécie do polinizador (e.g. STEINER et al., 1994; PEAKALL, 1990; PEAKALL & HANDEL, 1993; PEAKALL & BEATTIE, 1993, 1996; AYASSE, 2000, 2003; SOLIVA & WIDMER, 2003; MANT et al., 2005; SPAETHE et al., 2007) e (2) flores de outras espécies com recompensas (BIERZYCHUDEK, 1981; ACKERMAN, 1983; DAFNI, 1983; JOHNSON, 2000; SUGIURA et al., 2002; ANDERSON et al., 2005; LI et al., 2006; JUILLET et al., 2007). Nesse último caso elas podem enganar os polinizadores pela semelhança com tipos gerais de flores com recursos alimentares (e.g. LI et al., 2006; DAFNI, 1983) ou por mimetismo de espécies determinadas que possuam recursos (e.g. SUGIURA et al., 2002; ANDERSON et al., 2005; JOHNSON, 2000).

O gênero Neotropical *Cyrtopodium* (Orchidaceae, Epidendroideae, Cymbidieae, Cyrtopodiinae) compreende 47 espécies distribuídas desde o sul dos Estados Unidos até o norte de Argentina, mas com o centro de diversidade no Bioma Cerrado (ROMERO-GONZÁLEZ et al., 2008). Espécies de *Cyrtopodium* não oferecem recursos para os seus polinizadores, atraindo abelhas Centridini e Euglossini por engodo (CHASE & HILLS, 1992; VAN DER CINGEL, 2001; e.g. PANSARIN et al., 2008).

Herbivoria floral

Durante observações preliminares feitas em campo, constatou-se que *C. eugenii* sofre constante herbivoria de suas inflorescências e flores. A florivoria ou herbivoria floral é definida como qualquer tipo de dano por consumo nos botões florais ou flores maduras antes do desenvolvimento das sementes, incluindo, brácteas, sépalas, pétalas, estames, pistilo, pólen e óvulos (MCCALL & IRWIM, 2006). Sabe-se, ainda, que a herbivoria floral pode ter efeitos diretos e indiretos sobre o sucesso reprodutivo da planta (STRAUSS, 1997; KRUPNICK et al., 1999; MCCALL & IRWIM, 2006). Efeitos diretos, quando há consumo de suas estruturas sexuais, como anteras, estigmas e ovários (e.g. KRUPNICK et al., 1999; MALO et al., 2001; MCCALL, 2008), e indiretos, quando há consumo de estruturas não sexuais, como pétalas, sépalas e brácteas, causando a redução da atratividade da flor ao polinizador (e.g. KRUPNIK et al., 1999; KRUPNIK & WEIS, 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000; LEAVITT & ROBERTSON, 2006). Espécies que têm sua reprodução limitada pela disponibilidade de polinizadores são especialmente prejudicadas por fatores como a herbivoria floral, pois mesmo com um baixo consumo de estruturas sexuais, os efeitos indiretos pode ser devastadores (e.g. KRUPNIK et al., 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000).

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivos:

1. Elaborar uma listagem das espécies da família Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas;
2. Descrever morfológicamente as espécies encontradas na área em estudo;
3. Contribuir com o conhecimento da flora da região, do Estado de Goiás e do Brasil;
4. Enriquecer o herbário da Universidade Federal de Goiás (UFG);
5. Estudar os aspectos relacionados à biologia floral de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm.;
6. Estudar os aspectos relacionados à biologia reprodutiva de *C. eugenii*;
7. Investigar espécies de plantas que poderiam servir como modelo mimético para *C. eugenii*, no caso de se confirmar a polinização por engodo;
8. Verificar os níveis de herbivoria natural ocorrentes nas inflorescências de *C. eugenii* em seu hábitat natural;
9. Avaliar os efeitos indiretos da herbivoria floral na reprodução de *C. eugenii*, testando duas hipóteses:
 - a) A herbivoria das pétalas laterais e das sépalas tem um efeito negativo sobre o sucesso reprodutivo (masculino e feminino) da planta;
 - b) A herbivoria do labelo tem efeito negativo maior sobre o sucesso reprodutivo (masculino e feminino) da planta do que a herbivoria dos outros verticilos.

ÁREA DE ESTUDO

O presente projeto foi realizado no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), localizado entre as cidades de Caldas Novas e Rio Quente, na região sudeste do Estado de Goiás, a $17^{\circ}43' - 17^{\circ}51'S$ e $48^{\circ}40' - 48^{\circ}44'W$ (Fig. 1). O Parque possui 125 km^2 em formato aproximadamente elíptico, incluindo o topo que é constituído de um grande platô, as laterais com encostas que formam muralhas naturais e a base da serra, que faz divisão com fazendas e loteamentos urbanos. A altitude máxima da serra é de 1.043 m, com desníveis de 150 m em relação às áreas do entorno. O volume de chuvas é grande, especialmente entre os meses de novembro e março, já a estação seca vai de maio a setembro.

A maior parte do parque é coberta por vegetação de cerrado *sensu stricto* (RIZZO, 1981), sendo esta fisionomia a cobertura vegetal predominante no platô da Serra. Os campos limpos, campos úmidos e formações rupestres, são as fisionomias predominantes nas laterais do parque entre o platô e a base da serra. Na área também ocorrem algumas áreas de mata de galeria, margeando os corpos de água que cortam as laterais do parque dentro de cânions, e na base da serra, nas áreas que fazem divisa com as fazendas e loteamentos.

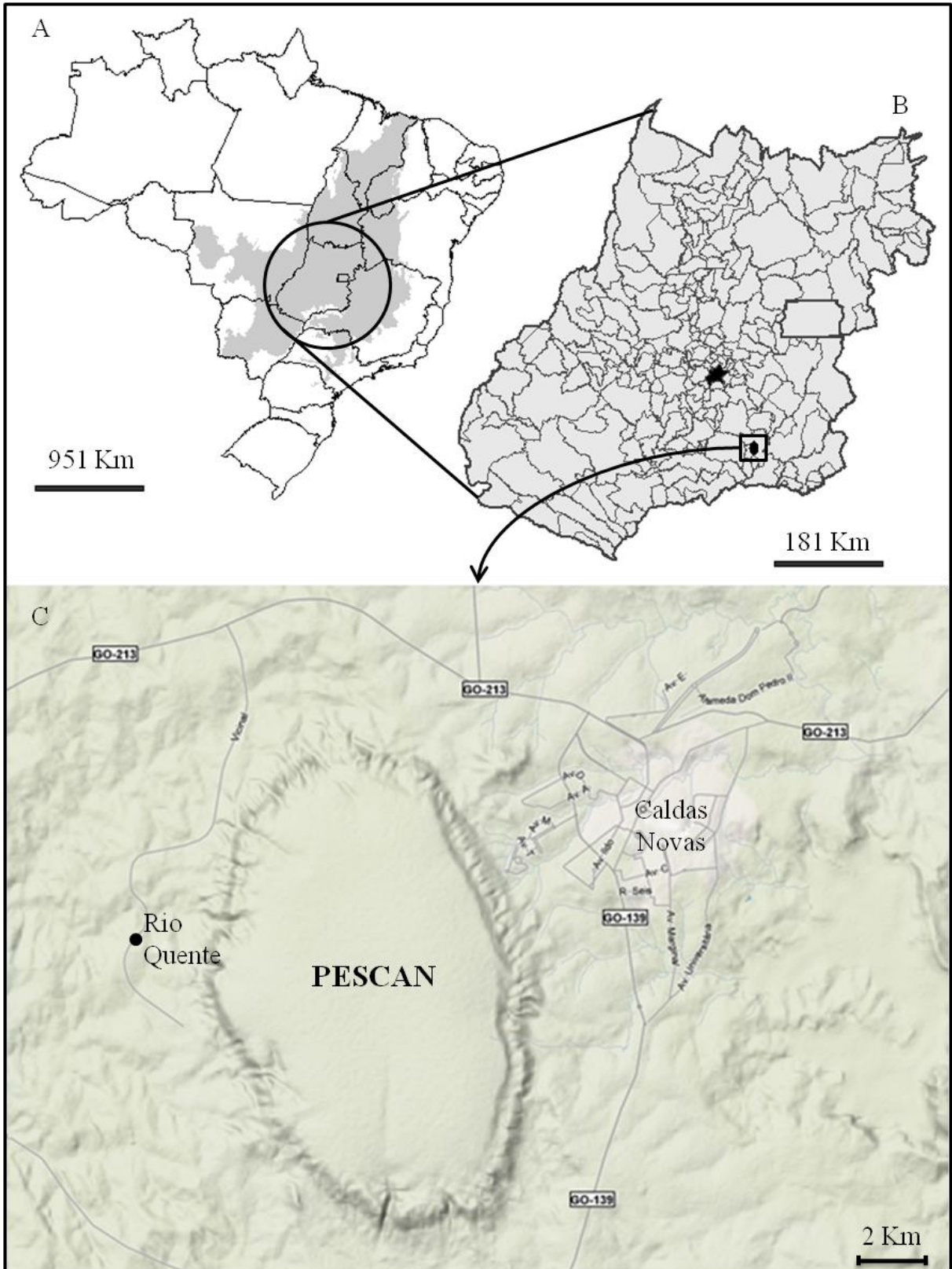


Figura 1 – Localização do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) – **A)** Território brasileiro com o Bioma Cerrado em destaque; **B)** Estado de Goiás; **C)** Localização do PESCAN entre as cidades de Caldas Novas e Rio Quente.

A e B modificados a partir de mapas do IBGE (<http://mapas.ibge.gov.br/>); C modificado a partir de mapa do Google (<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>).

Capítulo 1

Biología floral e reproductiva de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)

Capítulo 1 – Biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)

Resumo

[Biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)]. *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. possui ampla distribuição no território brasileiro, com ocorrência concentrada na região Centro-Oeste do país. A fenologia, morfologia floral, biologia floral e biologia reprodutiva de *C. eugenii* foram estudadas em populações localizadas no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), Estado de Goiás, Brasil. No parque, *C. eugenii* foi observada principalmente em solos pedregosos nas formações rupestres e florescendo entre os meses de maio e setembro, durante a estação seca. As inflorescências de *C. eugenii* chegam a possuir mais de cinquenta flores que abrem sucessivamente e permanecem abertas por até vinte dias. As flores de *C. eugenii* são amarelo-pálidas com máculas castanhas, porém o labelo é amarelo-vivo, destacando-se na paisagem seca do Cerrado. A única espécie encontrada como polinizador foi *Centris (Trachina) fuscata* Lepelletier, 1841 (Anthophoridae, Centridini). *Cyrtopodium eugenii* não oferece recompensa floral ao seu polinizador, mas seu labelo parece mimetizar *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss. uma espécie da família Malpighiaceae de flor amarela, produtora de óleo. Assim como em outras espécies sem recompensa, *C. eugenii* recebe poucas visitas de seu polinizador, e por isso, produz uma pequena quantidade de frutos em seu hábitat natural. *Cyrtopodium eugenii* é auto-compatível, porém, durante as observações realizadas, não foram gerados frutos por autopolinização espontânea, assim como por agamospermia.

Palavras-chave – *Centris (Trachina) fuscata*; polinização; engodo alimentar; mimetismo; *Tetrapteryx ramiflora*.

Introdução

Dentre os recursos florais coletados por polinizadores de flores de Orchidaceae, estão o néctar, óleos, fragrâncias florais, ceras, resinas, tricomas alimentares e pseudopólen (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; SIMPSON & NEFF, 1981). Porém aproximadamente um terço das espécies de orquídeas não oferece nenhum tipo de recompensa aos polinizadores (VAN

DER PIJL & DODSON, 1966; COZZOLINO & WIDMER, 2005). Essas orquídeas enganam os polinizadores mimetizando principalmente duas formas: (1) fêmeas da espécie do polinizador (e.g. STEINER et al., 1994; PEAKALL, 1990; PEAKALL & HANDEL, 1993; PEAKALL & BEATTIE, 1993, 1996; AYASSE et al., 2000, 2003; SOLIVA & WIDMER, 2003; MANT et al., 2005; SPAETHE et al., 2007) e (2) flores de espécies com recompensas (BIERZYCHUDEK, 1981; ACKERMAN, 1983; DAFNI, 1983; JOHNSON, 2000; SUGIURA et al., 2002; ANDERSON et al., 2005; LI et al., 2006; JUILLET et al., 2007). Nesse último caso elas podem enganar os polinizadores pela semelhança morfológica com tipos gerais de flores com recursos alimentares (e.g. LI et al., 2006; DAFNI, 1983) ou por mimetismo de espécies determinadas que possuam recursos (e.g. SUGIURA et al., 2002; ANDERSON et al., 2005; JOHNSON, 2000).

Na primeira forma de engodo alimentar, os polinizadores, nas primeiras vezes em que forrageiam, amostram aleatoriamente flores de todas as espécies presentes em seu hábitat (com ou sem recompensas), proporcionalmente às suas abundâncias. Porém com o processo de aprendizado, os polinizadores passam a discriminar cada vez melhor entre espécies com e sem recursos (ACKERMAN, 1986; SMITHSON & MACNAIR, 1997; FERDY et al., 1998). Já na segunda forma, a falta de recursos acontece em um sistema de mimetismo batesiano, no qual polinizadores confundem uma espécie sem recurso (mímico) com uma espécie co-ocorrente que produz recompensas (modelo) (DAFNI, 1984; ACKERMAN, 1986).

A teoria do mimetismo prediz que em ambas as formas de engodo alimentar, a taxa de visitação das formas sem recompensa diminui com o aumento de sua abundância relativamente às formas com recompensa (SMITHSON & MACNAIR, 1997; FERDY et al., 1998). Ao mesmo tempo a seleção favoreceria os mímicos mais similares às flores modelo. Vários são os tipos de sinais que podem enganar os polinizadores, como odor e forma da corola, porém, alguns autores sugerem que mimetismo baseado apenas na cor da corola já é suficiente para que o polinizador confunda modelos e mímicos (GUMBERT & KUNZE, 2001; GIGORD et al., 2002).

O gênero Neotropical *Cyrtopodium* R. Br. (Orchidaceae, Epidendroideae, Cymbidieae, Cyrtopodiinae) compreende 47 espécies distribuídas desde o sul dos Estados Unidos até o norte de Argentina, mas com o centro de diversidade no Bioma Cerrado (ROMERO-GONZÁLEZ et al., 2008). Espécies de *Cyrtopodium* não oferecem recursos para os seus polinizadores, atraindo abelhas Centridini e Euglossini por engodo (CHASE & HILLS, 1992; VAN DER CINGEL, 2001; e.g. PANSARIN et al., 2008b). O presente estudo teve como objetivo estudar aspectos relacionados à biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii*

Rchb.f. & Warm., uma espécie de orquídea ocorrente no Cerrado brasileiro, além de investigar espécies de plantas que poderiam servir como modelo mimético para *C. eugenii*, no caso de se confirmar a polinização por engodo.

Material e métodos

Área de estudo

A biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii* foi estudada no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN; aprox. 17°43' - 17°51'S e 48°40' - 48°44'W), no Estado de Goiás, Brasil. O parque possui altitude máxima de 1.043 m e apresenta várias fitofisionomias do Bioma Cerrado, porém indivíduos de *C. eugenii* ocorrem principalmente nas formações rupestres.

Morfologia, fenologia e biologia floral

As observações e registros fotográficos do processo de polinização de *Cyrtopodium eugenii* foram realizados, na área de estudo, entre maio e setembro de 2008 (período de floração da espécie na área de estudo). Foram coletadas informações sobre fenologia, produção de folhas e pseudobulbos, assim como sobre antese das flores, visitantes florais e deiscência dos frutos. Observações detalhadas do processo de polinização, frequência de visitantes e captura do polinizador em flores de *C. eugenii* foram feitas entre 14 e 17 de julho, e entre 15 e 17 de agosto de 2008. O período de observação diário estendeu-se das 06:00 as 18:00 h. Não foram realizadas observações noturnas. Para verificar uma possível polinização noturna, flores foram marcadas no final da tarde e conferidas na manhã seguinte. Durante as visitas ao campo, flores frescas foram fixadas em FAA₅₀ e conservadas em álcool 70% para investigação da morfologia e anatomia floral. A morfologia externa da espécie foi descrita com o auxílio de um microscópio estereoscópico e de um paquímetro. O material testemunha de *C. eugenii* (16/VIII/2008, fl., *Hall et al. 661*) será depositado no Herbário da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os insetos coletados foram identificados com o auxílio de especialistas.

Sistema reprodutivo

O tratamento experimental para investigar o sistema reprodutivo de *C. eugenii* foi realizado em seu hábitat natural, incluindo testes de polinização cruzada manual,

autopolinização manual, autopolinização espontânea (realizado em flores ensacadas ou em estufa) e agamospermia (realizado em flores emasculadas ensacadas ou em flores emasculadas em estufa).

Espécies modelo

A ocorrência de flores que serviriam como possíveis modelos miméticos para *C. eugenii* na área de estudo foi verificada através de: (a) busca por plantas que ocorrem e florescem na mesma época em que *C. eugenii* e possuem flores de coloração semelhante a esta; (b) verificação dos visitantes florais nessas plantas; (c) análise dos grãos de pólen encontrados no corpo da espécie encontrada como polinizador de *C. eugenii*; (d) estudo do comportamento do polinizador de *C. eugenii*.

Duas espécies consideradas como possíveis modelos foram coletadas e depositadas no herbário UFG: *Banisteriopsis gardneriana* (A. Juss.) Anderson & Gates (16/VIII/2008, fl., fr., Francener et al. 624, UFG) e *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss. (16/VIII/2008, fl., fr., Francener et al. 623, UFG),

Resultados e discussão

Cyrtopodium eugenii ocorre na Bolívia e no Brasil nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, além do Distrito Federal (ROMERO-GONZÁLEZ et al., 2008). No Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, indivíduos de *C. eugenii* ocorrem principalmente nas formações rupestres, sobre rochas ou em solos pedregosos, em locais caracterizados pela grande presença de *Vellozia* spp. (Velloziaceae). *Cyrtopodium eugenii* é uma espécie herbácea, perene, heliófila ou umbrófila. O caule é espessado em pseudobulbos fusiformes com cerca de 10-20 cm de altura, sem folhas na época da floração. A inflorescência, que pode compreender mais de 50 flores, é lateral, com ca. 1 m de altura, em racemo ou panícula. As flores ressupinadas, típicas de Orchidaceae, apresentam uma pétala diferenciada chamada labelo, os órgãos reprodutivos, masculino e feminino (exceto ovário) são fundidos em uma estrutura chamada coluna ou ginostêmio e os grãos de pólen agrupados em massas chamadas de polínias. Cada flor mede cerca de 4,0 cm de diâmetro, possui labelo com coloração amarelo-viva, mas com os lobos laterais castanhos, além de pétalas laterais e sépalas amarelo-pálidas com máculas castanhas (Fig. 2). Flores não polinizadas chegam a durar cerca de três semanas, porém quando perdem as polínias ou quando são polinizadas, murcham em poucos

dias. Em uma investigação detalhada da morfologia floral de *C. eugenii* não foram encontradas recompensas florais oferecidas ao polinizador, o que corrobora a bibliografia consultada sobre o gênero (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; CHASE & HILLS, 1992; VAN DER CINGEL, 2001; e.g. PANSARIN et al. 2008b). Em seu hábitat natural, *C. eugenii*, sofre dano em suas flores, inflorescências, folhas e frutos, pela herbivoria exercida por diferentes insetos (HALL, capítulo 2 desta dissertação).

Entre os meses de maio e agosto, indivíduos de *C. eugenii* começam a produzir folhas e a desenvolver um novo pseudobulbo, e muitas vezes, simultaneamente ao desenvolvimento do novo pseudobulbo, uma inflorescência lateral é produzida. Um resumo da fenologia de *C. eugenii* é mostrado na Tabela 1. O pico de floração no início de agosto coincide com a época mais seca do Bioma Cerrado, no qual, por esse motivo, queimadas são comuns. Em agosto de 2008 houve um incêndio que queimou mais da metade da área do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. Incêndios como esse praticamente não prejudicam espécies do gênero *Cyrtopodium* que são bem adaptadas a esse tipo de distúrbio tão comum no Cerrado, porém em espécies como *C. eugenii* que floresce justamente na época em que a maioria dos incêndios ocorre, o prejuízo é bem maior (MENEZES, 2000), pois as inflorescências, ao contrário dos pseudobulbos, não resistem aos incêndios.

Tabela 1 - Fenologia de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque Estadual de Serra de Caldas Novas.

Eventos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Presença de folhas	x	x	x	x						x	x	x
Floração					x	x	x	x	x			
Frutificação	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x

Durante as observações, a taxa de visitação às flores de *C. eugenii* foi muito baixa. Nenhum indivíduo recebeu mais de uma visita por dia, e outros ainda tiveram dias nos quais nenhuma visita ocorreu. Todas as visitas observadas ocorreram pela manhã, entre 10:00 h e 11:00 h. Apenas uma espécie de abelha, *Centris (Trachina) fuscata* Lepeletier, 1841 (Anthophoridae, Centridini), foi observada visitando flores de *C. eugenii* (Fig. 2D). Após a visita verificou-se a remoção de polínias das flores visitadas. As abelhas chegaram até uma flor da inflorescência, pousaram no labelo e se dirigiram até próximo ao pé da coluna. Após cerca de dois segundos elas deixaram as flores e ao fazerem isso, o viscidio entrou em contato

com a parte posterior da cabeça e a polínia foi removida. Nenhuma abelha visitou mais de uma flor por inflorescência. Além de *Centris (Trachina) fuscata*, outra espécie quase chegou a visitar as flores de *C. eugenii*. Abelhas do gênero *Bombus* foram observadas aproximando-se até cerca de 10 cm das inflorescências, mas nunca chegaram a pousar de fato nas flores.

Flores de *C. eugenii* não produzem recompensas florais para os polinizadores, sendo polinizadas por engodo, assim como reportado para outras espécies do gênero (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; CHASE & HILLS, 1992; VAN DER CINGEL, 2001; PANSARIN et al., 2008b). Gigord et al. (2002) demonstraram experimentalmente que somente a coloração da flor já é suficiente para que o mimetismo aconteça, independentemente da forma. O labelo de *C. eugenii* possui uma coloração amarela muito forte, contrastando com os outros verticilos florais. Estes possuem coloração amarela bem suave, com grandes máculas castanhas. A coloração do labelo de *C. eugenii* é muito semelhante à cor de flores de espécies co-ocorrentes que possuem recompensas florais. Por isso é possível que o labelo, sozinho, seja o responsável pela maior parte do mimetismo de outras flores e, conseqüentemente, pela atração dos polinizadores. Essa suposição é corroborada pelo fato de que a remoção quase completa das outras pétalas e sépalas não afeta em nada a taxa de visitação de flores de *C. eugenii* (HALL, capítulo 2 desta dissertação).

Na área de estudo, co-ocorrem quatro espécies que florescem na mesma época de *C. eugenii* e apresentam coloração amarela semelhante à do labelo de *C. eugenii* (Fig. 3): *Banisteriopsis gardneriana* (A. Juss.) Anderson & Gates, espécie com floração observada apenas no mês de agosto e *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss., ambas espécies de Malpighiaceae que oferecem óleo como recompensa floral; *Ouratea hexasperma* Baill. (Ochnaceae), que oferece pólen como recompensa; e *Senna* sp. (Fabaceae). Durante observações realizadas nessas quatro espécies, *Centris (Trachina) fuscata*, foi observada visitando apenas as duas espécies de Malpighiaceae. Abelhas do gênero *Centris* são os principais, e às vezes os únicos, polinizadores de muitas espécies de plantas que oferecem óleo como recompensa floral (e.g. SIGRIST & SAZIMA, 2004; COSTA et al., 2006), fazendo deste, o maior gênero de abelhas coletoras de óleo (BUCHMANN, 1987). O fato de o único polinizador constatado de *C. eugenii* ser uma abelha do gênero *Centris* é um grande indicativo de que a planta mimetizada é uma Malpighiaceae, pois das quatro espécies de coloração amarela co-ocorrentes com *C. eugenii* na área de estudo, apenas as espécies destas famílias produzem óleo como recompensa.

Em sistemas de engodo nutritivo, sinais visuais são decisivos e são baseados em sinais aprendidos (DAFNI, 1984; SCHLÜTER & SCHIESTL, 2008). Assim, a eficiência do

mimetismo depende amplamente da experiência adquirida pelo polinizador. Vários autores argumentaram que a ingenuidade do polinizador é uma pré-condição para a eficiência da polinização de flores sem recompensa, já que depois de algum tempo, o polinizador reconhece o engodo e aprende a evitá-lo. Com isso, a produção de frutos é maior no início do período de floração ou quando os polinizadores acabaram de se tornar adultos (ACKERMAN, 1986; SMITHSON & MACNAIR, 1997; FERDY et al., 1998). Por isso, para maior eficiência do mimetismo, a abundância do mímico deve ser menor que a do modelo (DAFNI, 1984; ACKERMAN, 1986; SMITHSON & MACNAIR, 1997; FERDY et al., 1998).

Tetrapteryx ramiflora e *B. gardneriana* apresentam abundâncias bem diferentes na área de estudo. *Banisteriopsis gardneriana* é uma liana que ocorre apenas com poucos indivíduos em um dos pontos onde *C. eugenii* ocorre, além de só ter florescido em agosto. *Tetrapteryx ramiflora*, por sua vez, é um arbusto muito abundante por toda área de estudo e está florido entre os meses de maio e setembro, sobrepondo a floração de *C. eugenii*. Por isso, *T. ramiflora* deve ser o modelo para *C. eugenii*, pelo menos na área de estudo. A coloração de *T. ramiflora* possui uma tonalidade alaranjada ou acastanhada, especialmente na margem das pétalas. Esta, bem parecida com a dos lobos laterais do labelo e também ocorrendo na margem do labelo de várias flores de *C. eugenii*. Esse polimorfismo de coloração é importante para que as flores de *C. eugenii* se pareçam com as variantes de coloração da espécie mimetizada e para que o polinizador tenha mais dificuldade em aprender o que é modelo e o que é mímico (FERDY et al., 1998; GIGORD et al., 2002)

Em apenas um indivíduo de *Centris (Trachina) fuscata* capturado foram encontrados grãos de pólen, estes todos pertencentes a uma espécie de planta da família Lamiaceae. As espécies de Lamiaceae floridas na mesma época que *C. eugenii* na área de estudo possuíam pequenas flores de coloração lilás, por isso foram excluídas como possíveis modelos para o mimetismo de *C. eugenii*.

Espécies de orquídea que não oferecem recompensas florais aos seus polinizadores possuem taxa de visitação, número de flores visitadas por inflorescência e tempo de estadia dos polinizadores nas flores, inferiores aos das espécies que oferecem recompensas (JOHNSON & NILSON, 1999), apesar disso, como os grãos de pólen estão agrupados nas polínias, apenas uma visita pode ser suficiente para a remoção de todos os grãos de pólen ou para a fertilização de todos os óvulos. Em condições naturais, *C. eugenii* tem produção de frutos de cerca de 10%, valor parecido com o de outras orquídeas sem recompensa. A taxa de produção de frutos por autopolinização manual e por polinização cruzada manual foram de cerca de 70%. Esses valores demonstram que além de ser auto-compatível, *C. eugenii* tem

baixa taxa de produção de frutos (número de frutos produzidos por flor produzida) causada pela baixa taxa de visitação e baixo número de flores visitadas, assim como acontece com outras orquídeas sem recompensas (NEILAND & WILCOCK, 1998). Pansarin et al. (2008a) demonstraram que *Cyrtopodium polyphyllum* Vell. produz frutos através de auto-fecundação mediada pela chuva, aumentando assim o total de frutos produzidos pela espécie. *Cyrtopodium eugenii* por outro lado floresce na época da seca e não produz nenhum fruto por autopolinização espontânea, assim como por agamospermia. A produção de frutos em diferentes condições está resumida na Tabela 2.

Tabela 2 - Produção de frutos de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. sob diferentes condições.

Tratamentos	Flores tratadas	Produção de frutos
Condições naturais	102	10 / 9,80 %
Autopolinização espontânea	15	0 / 0,00 %
Autopolinização manual	15	10 / 66,67 %
Polinização cruzada manual	15	11 / 73,33 %
Agamospermia	15	0 / 0,00 %

Apesar do baixo percentual de produção de frutos, a falta de recursos traz vantagens para as espécies que utilizam essa estratégia. Em primeiro lugar, flores que não produzem frutos não são necessariamente um desperdício energético para a planta, pois aumentam o *fitness* da planta através da doação de pólen (e.g. MURREN & ELLISON, 1996; O'CONNELL & JOHNSTON, 1998) e ajudam na atração visual dos polinizadores. Em *C. eugenii*, aproximadamente metade das flores têm suas polínias removidas pelos polinizadores. Segundo, o número de flores visitadas por inflorescência é mais baixo, reduzindo assim, a taxa de auto-fecundação causada por geitonogamia (JOHNSON & NILSON, 1999; COZZOLINO & WIDMER, 2005). No caso de *C. eugenii*, o polinizador não foi registrado nenhuma vez pousando em mais de uma flor por inflorescência durante as visitas. Além disso, nenhuma inflorescência recebeu mais de uma visita por dia, indicando que mesmo quando um polinizador visita mais de uma inflorescência no dia, o que foi observado no campo, ele provavelmente não deposita as polínias no estigma de uma flor da mesma inflorescência da qual removeu a polÍNIA. Além disso, a diminuição do gasto energético com recompensas permite o investimento em outros aspectos (JOHNSON & NILSON, 1999), como um aumento da atratividade, do número de flores ou da longevidade destas. Todos esses aspectos

aumentam o número total de frutos produzidos por inflorescência, sem aumentar a nível de autopolinização. Por último, as orquídeas são plantas perenes que produzem uma enorme quantidade de sementes por cápsula, por isso uma taxa de produção de frutos baixa, ao longo de vários anos, pode ser a melhor estratégia reprodutiva a longo prazo (COZZOLINO & WIDMER, 2005).

Ao final deste estudo realizado no PESCAN, concluí-se que *C. eugenii* não oferece recompensas florais ao seu polinizador *Centris (Trachina) fuscata*. O labelo de *C. eugenii* possui coloração muito semelhante à das flores de *T. ramiflora*, espécie que oferece óleo como recompensa floral, o que engana o polinizador. *Cyrtopodium eugenii* possui distribuição ampla, ocorrendo na Bolívia e no Brasil nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, além do Distrito federal (ROMERO-GONZÁLEZ et al., 2008). Por isso é possível que em outras localidades, que não o PESCAN, a espécie ou as espécies modelo sejam outras, o que futuros estudos podem ajudar a elucidar.

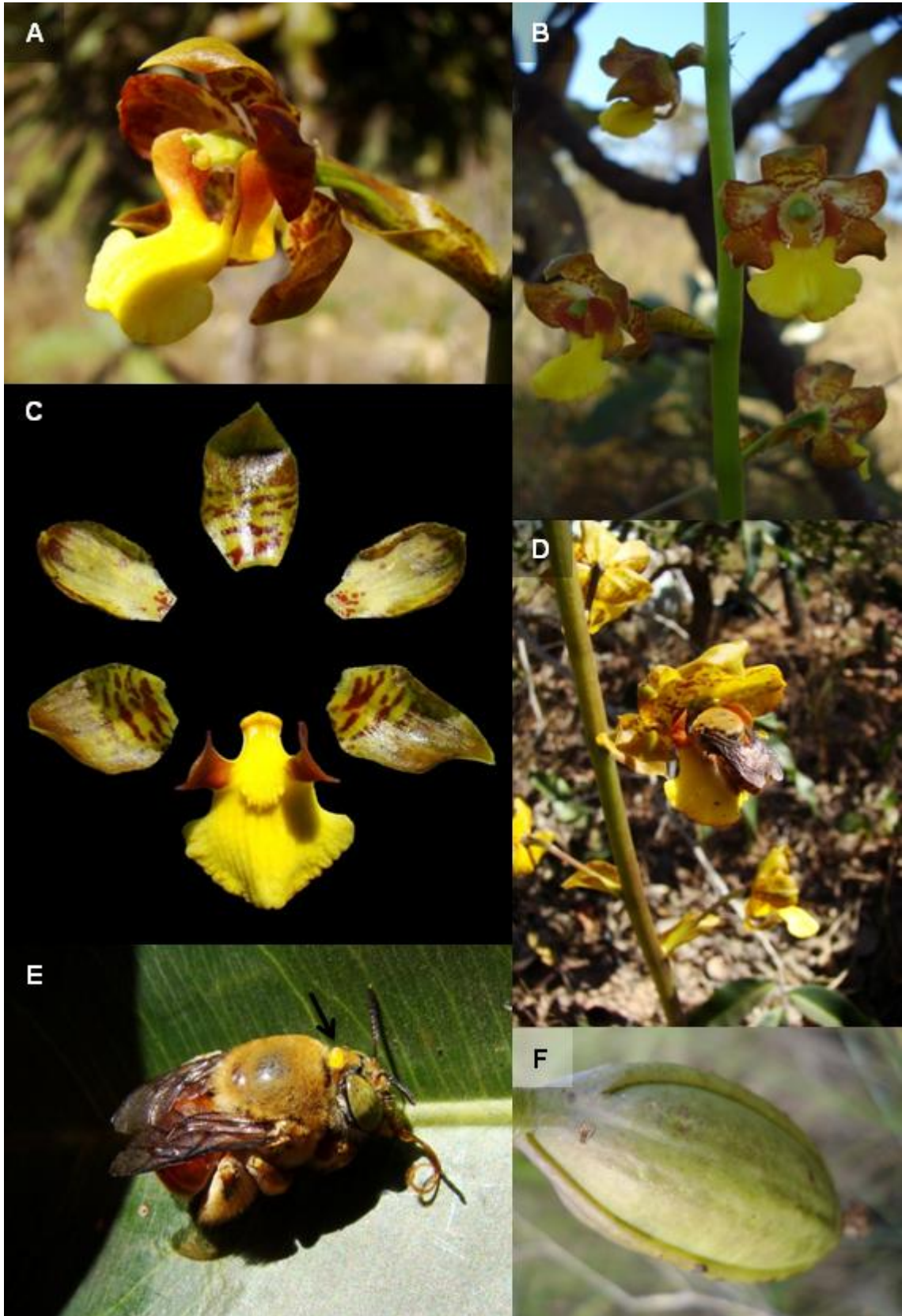


Figura 2 – Morfologia floral e polinização de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque estadual da Serra de Caldas Novas - **A e B**) Vista lateral e frontal de flores de *C. eugenii*; **C**) Cálice e corola dissecados; **D**) Montagem realizada com um polinizador capturado para demonstrar como se dá a visita à flor de *C. eugenii*; **E**) Polinizador com polínia aderida à parte posterior da cabeça; **F**) Fruto de *C. eugenii*.

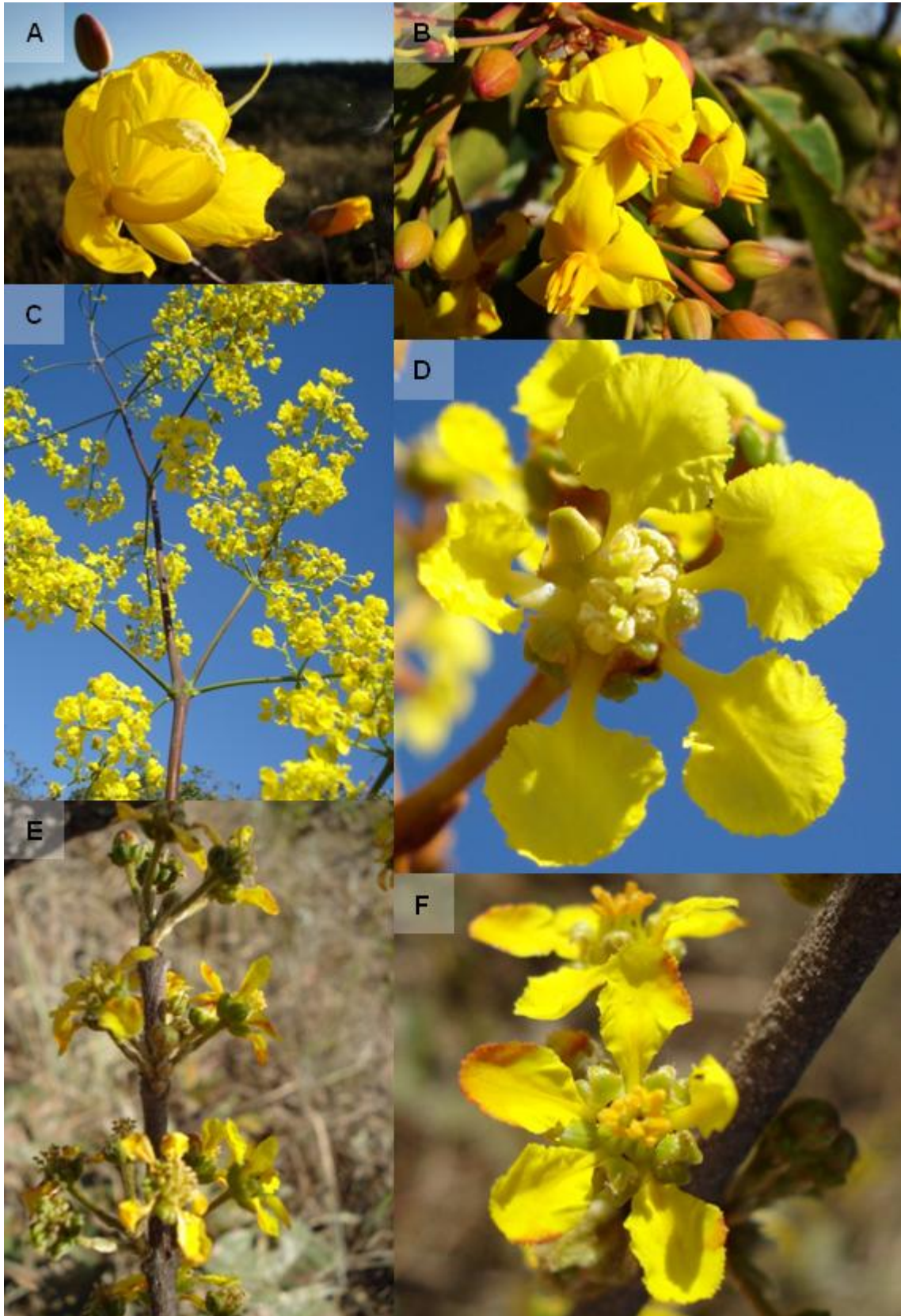


Figura 3 – Plantas co-ocorrentes, que florescem na mesma época e apresentam coloração amarela semelhante ao labelo de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (presentes no Parque estadual da Serra de Caldas Novas): **A**) *Senna* sp. (Fabaceae); **B**) *Ouratea hexasperma* (Ochnaceae); **C e D**) *Banisteriopsis gardneriana* (Malpighiaceae); **E e F**) *Tetrapteryx ramiflora* (Malpighiaceae).

Agradecimentos

À Fundação de Apoio a Pesquisa (FUNAPE-UFG) pela bolsa concedida; à todos que auxiliaram nos trabalhos de campo, especialmente Caroline de Oliveira Martins, Leonardo Bergamini e Augusto Francener Nogueira Gonzaga, que também identificou as espécies de Malpighiaceae; à Agência Ambiental do Estado de Goiás pela autorização para a realização do trabalho; à diretoria e funcionários do PESCAN pelo fornecimento de alojamento e informações sobre o parque; à Dra. Maria Cristina Gaglianone da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela identificação das abelhas coletadas; à Dra. Maria Amélia Vitorino C. Barros do Instituto de Botânica de São Paulo pela identificação dos grãos de pólen.

Referências bibliográficas

- ACKERMAN, J. D. Euglossine bee pollination of the orchid, *Cochleanthes lipscombiae*: a food source mimic. **American Journal of Botany**, v. 70, n. 6, p. 830-834, 1983.
- ACKERMAN, J. D. Mechanisms and evolution of food-deceptive pollination systems in orchids. **Lindleyana**, v. 1, n. 2, p. 108-113, 1986.
- ANDERSON, B.; JOHNSON, S. D.; CARBUTT, C. Exploitation of a specialized mutualism by a deceptive orchid. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 8, p. 1342–1349, 2005.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Pollinator attraction in a sexually deceptive orchid by means of unconventional chemicals. **Proceedings: Biological Sciences**, v. 270, n. 1514, p. 517-522, 2003.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; LÖFSTEDT, C.; HANSSON, B.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Evolution of reproductive strategies in the sexually deceptive orchid *Ophrys sphegodes*: how does flower-specific variation of odor signals influence reproductive success? **Evolution**, v. 54, n. 6, p. 1995-2006, 2000.
- BIERZYCHUDEK, P. *Asclepias*, *Lantana*, and *Epidendrum*: A Floral Mimicry Complex? **Biotropica**, v. 13, n. 2, Supplement: Reproductive Botany, p. 54-58, 1981.
- BUCHMANN, S. L. The ecology of oil flowers and their bees. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 343-369, 1987.
- CHASE, M. W.; HILLS, H. G. Orchid phylogeny, flower sexuality, and fragrance-seeking – Evidence from variation in chloroplast DNA among subtribes Catasetinae and

- Cyrtopodiinae. **BioScience**, v. 42, p. 43-49, 1992.
- COSTA, C. B. N.; COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 103-114, 2006.
- COZZOLINO, S.; WIDMER, A. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception? **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 9, p. 487-494, 2005.
- DAFNI, A. Pollination of *Orchis caspia*--a nectarless plant which deceives the pollinators of nectariferous species from other plant families. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 2, p. 467-474, 1983.
- DAFNI, A. Mimicry and deception in pollination. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 15, p. 259-278, 1984.
- FERDY, J. B.; GOUYON, P. H.; MORET, J.; GODELLE, B. Pollinator behaviour and deceptive pollination: learning process and floral evolution. **The American Naturalist**, v. 152, n. 5, p. 696-705, 1998.
- GIGORD, L. D. B.; MACNAIR, M. R.; STRITESKY, M.; SMITHSON, A. The potential for floral mimicry in rewardless orchids: an experimental study. **Proceedings: Biological Sciences**, v. 269, n. 1498, p. 1389-1395, 2002.
- GUMBERT, A.; KUNZE, J. Colour similarity to rewarding model plants affects pollination in a food deceptive orchid, *Orchis boyi*. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 72, p. 419-433, 2001.
- JOHNSON, S. D. Batesian mimicry in the non-rewarding orchid *Disa pulchra*, and its consequences for pollinator behaviour. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 71, p. 119-132, 2000.
- JOHNSON, S. D.; NILSSON, L. A. Pollen carryover, geitonogamy, and the evolution of deceptive pollination systems in orchids. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2607-2619, 1999.
- JUILLET, N.; GONZALEZ, M. A.; PAGE, P. A.; GIGORD, L. D. B. Pollination of the European food-deceptive *Traunsteinera globosa* (Orchidaceae): the importance of nectar-producing neighbouring. **Plant Systematics and Evolution**, v. 265, p. 123-129, 2007.
- LI, P.; LUO, Y. B.; BERNHARDT, P.; YANG, X. Q.; KOU, Y. Deceptive pollination of the Lady's Slipper *Cypripedium tibeticum* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 262, p. 53-63, 2006.
- MANT, J.; PEAKALL, R.; WESTON, P. H. Specific pollinator attraction and the diversification of sexually deceptive *Chiloglottis* (Orchidaceae). **Plant Systematics**

- and *Evolution*, v. 253, p. 185–200, 2005.
- MENEZES, L. C. **Orquídeas / orchids genus *Cyrtopodium*: espécies brasileiras, brazilian species**. Brasília: IBAMA, 2000.
- MURREN, C. J.; ELLISON, A. M. Effects of habitat, plant size, and floral display on male and female reproductive success of the neotropical orchid *Brassavola nodosa*. **Biotropica**, v. 28, n. 1. p. 30-41, 1996.
- NEILAND, M. R. M.; WILCOCK, C. C. Fruit set, nectar reward, and rarity in the Orchidaceae. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 12. p. 1657-1671, 1998.
- O'CONNELL, L. M.; JOHNSTON, M. O. Male and female pollination success in a deceptive orchid, a selection study. **Ecology**, v. 79, n. 4, p. 1246–1260, 1998.
- PANSARIN, L. M.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Facultative autogamy in *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae) through a rain-assisted pollination mechanism. **Australian Journal of Botany**, v. 56, p. 363-367, 2008a.
- PANSARIN, L. M.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Reproductive biology of *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae): a Cyrtopodiinae pollinated by deceit. **Plant Biology**, v. 10, p. 650-659, 2008b.
- PEAKALL, R. Responses of male *Zaspilothynnus trilobatus* Turner wasps to females and the sexually deceptive orchid it pollinates. **Functional Ecology**, v. 4, n. 2. p. 159-167, 1990.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Pollinators discriminate among floral heights of a sexually deceptive orchid: implications for selection. **Evolution**, v. 47, n. 6, p. 1681-1687, 1993.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Ecological and genetic consequences of pollination by sexual deception in the orchid *Caladenia tentaculata*. **Evolution**, v. 50, n. 6, p. 2207-2220, 1996.
- PEAKALL, R.; HANDEL, S. N. Pollinators Discriminate among Floral Heights of a Sexually Deceptive Orchid: Implications for Selection. **Evolution**, v. 47, n. 6., pp. 1681-1687. 1993.
- ROMERO-GONZÁLEZ, G. A.; BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. B. A synopsis of the genus *Cyrtopodium* (Catasetinae: Orchidaceae). **Harvard Papers in Botany**, v. 13, n. 1, p. 189-206, 2008.
- SCHLÜTER, P. M.; SCHIESTL, F. P. Molecular mechanisms of floral mimicry in orchids. **Trends in Plant Science**, v. 13, n. 5, 2008.

- SIGRIST, M. R.; SAZIMA, M. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. **Annals of Botany**, v. 94, p. 33-41, 2004.
- SIMPSON, B. B.; NEFF, J. L. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 68, n. 2, p. 301-322, 1981.
- SMITHSON, A.; MACNAIR, M. R. Negative frequency-dependent selection by pollinators on artificial flowers without rewards. **Evolution**, v. 51, n. 3, p. 715-723, 1997.
- SOLIVA, M.; WIDMER, A. Gene flow across species boundaries in sympatric, sexually deceptive *Ophrys* (orchidaceae) species. **Evolution**, v. 57, n. 10, p. 2252-2261, 2003.
- SPAETHE, J.; MOSER, W. H.; PAULUS, H. F. Increase of pollinator attraction by means of a visual signal in the sexually deceptive orchid, *Ophrys heldreichii* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 264, p. 31-40, 2007.
- STEINER, K. E.; WHITEHEAD, V. B.; JOHNSON, S. D. Floral and pollinator divergence in two sexually deceptive south african orchids. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 2, p. 185-194, 1994.
- SUGIURA, N.; GOUBARA, M.; KITAMURA, K.; INOUE, K. Bumblebee pollination of *Cypripedium macranthos* var. *rebunense* (Orchidaceae); a possible case of floral mimicry of *Pedicularis schistostegia* (Orobanchaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 235, p. 189-195, 2002.
- VAN DER CINGEL, N. A. **An atlas of orchid pollination: America, Africa, Asia and Australia**. Netherlands: A.A. Balkema, 2001.
- VAN DER PIJL, L.; DODSON, C. H. **Orchid flowers: their pollination and evolution**. Florida: Coral Gables, University of Miami, 1966.

Capítulo 2

Efeitos diretos e indiretos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)

Capítulo 2 – Efeitos diretos e indiretos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)

Resumo

(Efeitos diretos e indiretos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae)). A herbivoria floral é definida como qualquer tipo de dano por consumo nos botões florais ou flores maduras antes do desenvolvimento das sementes. Esta pode ter efeitos diretos (consumo de estruturas sexuais) e indiretos (redução da atratividade da flor ao polinizador) sobre o sucesso reprodutivo da planta. *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Orchidaceae) é uma espécie melitófila que não oferece recompensa ao seu polinizador, sendo polinizada por engodo, e por isso tem uma baixa produção de frutos. O objetivo deste estudo foi verificar os níveis de herbivoria natural ocorrentes nas flores de *C. eugenii* em seu hábitat natural, além de avaliar os efeitos indiretos da herbivoria floral na reprodução de *C. eugenii*, através de um experimento manipulativo. A quantificação da herbivoria natural mostrou que 55,20% das flores não sofreram herbivoria enquanto 15,45% foram inutilizadas pelo consumo das estruturas sexuais. Foram encontradas mais flores com herbivoria no labelo (20,50%) do que com herbivoria em outros verticilos (18,92%). O experimento mostrou diferenças significativas apenas nos tratamentos com herbivoria do labelo. Estes tratamentos apresentaram uma séria redução do sucesso reprodutivo masculino e feminino. As diferenças do sucesso reprodutivo entre o controle e os tratamentos nos outros verticilos não foram significativas. Esse resultado indica que o labelo é a parte da flor mais importante na atração do polinizador e para a reprodução de *C. eugenii*, pois apesar de um alto nível de herbivoria nos outros verticilos ter sido aplicada, não houve diminuição significativa no sucesso feminino e masculino dos indivíduos.

Palavras-chave – Florivoria; consumo de gametas; polinização; engodo; labelo.

Introdução

A florivoria ou herbivoria floral é definida como qualquer tipo de dano por consumo nos botões florais ou flores maduras antes do desenvolvimento das sementes, incluindo, brácteas, sépalas, pétalas, estames, pistilo, pólen e óvulos (MCCALL & IRWIM, 2006). Sabe-se, ainda, que a herbivoria floral pode ter efeitos diretos e indiretos sobre o sucesso reprodutivo da planta (STRAUSS, 1997; MCCALL & IRWIM, 2006). Diretos, quando há consumo de suas estruturas sexuais, como anteras, pólen, estigmas e ovários (e.g. KRUPNICK et al., 1999; MALO et al., 2001; MCCALL, 2008), e indiretos, quando há consumo de estruturas não sexuais, como pétalas, sépalas e brácteas, causando a redução da atratividade da flor ao polinizador (e.g. KRUPNIK et al., 1999; KRUPNIK & WEIS, 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000; LEAVITT & ROBERTSON, 2006). Espécies que têm sua reprodução limitada pela disponibilidade de polinizadores são especialmente prejudicadas por fatores como a herbivoria floral, pois mesmo com um baixo consumo de estruturas sexuais, os efeitos indiretos podem ser devastadores (e.g. KRUPNIK et al., 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000).

Aproximadamente um terço das espécies de orquídeas não oferece nenhum tipo de recompensa aos polinizadores (VAN DER PIJL & DODSON, 1966; COZZOLINO & WIDMER, 2005). Essas orquídeas enganam os polinizadores mimetizando principalmente duas formas: (1) fêmeas da espécie do polinizador (e.g. STEINER et al., 1994; PEAKALL, 1990; PEAKALL & HANDEL, 1993; PEAKALL & BEATTIE, 1993, 1996; AYASSE, 2000, 2003; SOLIVA & WIDMER, 2003; MANT et al., 2005; SPAETHE et al., 2007) e (2) flores de espécies com recompensas (BIERZYCHUDEK, 1981; ACKERMAN, 1983; DAFNI, 1983; JOHNSON, 2000; SUGIURA et al., 2002; ANDERSON et al., 2005; LI et al., 2006; JUILLET et al., 2007). Espécies de orquídea que não oferecem recompensas florais aos seus polinizadores possuem taxa de visitação muito inferior aos das espécies que oferecem recompensas (JOHNSON & NILSON, 1999), e conseqüentemente a taxa de produção de frutos (número de frutos produzidos por flor produzida) também é menor (NEILAND & WILCOCK, 1998).

O gênero Neotropical *Cyrtopodium* R. Br. (Orchidaceae, Epidendroideae, Cymbidieae, Cyrtopodiinae) compreende 47 espécies distribuídas desde o sul dos Estados Unidos até o norte de Argentina, mas com o centro de diversidade do gênero no Bioma Cerrado (ROMERO-GONZÁLEZ et al., 2008). Espécies de *Cyrtopodium* não oferecem recursos para os seus polinizadores, atraindo abelhas Centridini e Euglossini mimetizando flores de espécies

com recompensa (CHASE & HILLS, 1992; VAN DER CINGEL, 2001; e.g. PANSARIN et al., 2008; HALL, Cap. 1 desta dissertação). *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. é uma espécie melitófila que depende do polinizador para sua reprodução. Durante observações preliminares feitas em campo, observou-se que inflorescências de *C. eugenii* sofrem constante herbivoria de suas partes reprodutivas. Em função disso, o objetivo deste estudo foi verificar os níveis de herbivoria natural a que estão submetidas as flores de *C. eugenii* em seu hábitat natural, além de avaliar os efeitos indiretos da herbivoria floral na reprodução de *C. eugenii*. Para isso, duas hipóteses foram formuladas: a) a herbivoria das pétalas laterais e das sépalas tem efeito negativo sobre o sucesso reprodutivo (masculino e feminino) da planta; b) a herbivoria do labelo tem efeito negativo maior sobre o sucesso reprodutivo (masculino e feminino) da planta do que a herbivoria dos outros verticilos.

Material e métodos

Área de estudo

O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) está localizado a aproximadamente 17°43' - 17°51'S e 48°40' - 48°44'W (atitude máxima de 1.043 m), no Estado de Goiás, Brasil. A área apresenta várias fitofisionomias do Bioma Cerrado, porém, indivíduos de *Cyrtopodium eugenii* ocorrem principalmente nas formações rupestres, sobre rochas ou em solos pedregosos, em locais caracterizados pela grande presença de *Vellozia* spp. (Velloziaceae).

Espécie em estudo

Cyrtopodium eugenii é uma espécie herbácea, perene, heliófila ou semi-heliófila. O caule é espessado em pseudobulbos fusiformes com cerca de 10-20 cm de altura, sem folhas na época da floração. A inflorescência, que pode apresentar mais de 50 flores, é lateral, com ca. 1 m de altura, em racemo ou panícula. As flores ressupinadas, típicas de Orchidaceae, apresentam uma pétala diferenciada chamada labelo, os órgãos reprodutivos, masculino e feminino (exceto ovário) são fundidos em uma estrutura chamada coluna ou ginostêmio e os grãos de pólen agrupados em massas chamadas de polínias. Cada flor mede cerca de 4,0 cm de diâmetro, possui um labelo com coloração amarelo-viva, mas com os lobos laterais castanhos, além de pétalas laterais e sépalas amarelo-pálidas com máculas castanhas. Flores não polinizadas chegam a durar cerca de três semanas, porém quando perdem as polínias ou

quando são polinizadas, murcham em poucos dias. *Cyrtopodium eugenii* não oferece recompensa floral ao polinizador, sendo polinizada por engodo (HALL, Cap.1 desta dissertação). O pico de floração no início de agosto coincide com a época mais seca do Bioma Cerrado, no qual, por esse motivo, queimadas são comuns. Em agosto de 2008 houve um incêndio que queimou mais da metade da área do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. Incêndios como esse praticamente não prejudicam espécies do gênero *Cyrtopodium* que são bem adaptadas a esse tipo de distúrbio tão comum no Cerrado, porém em espécies como o *C. eugenii* que floresce justamente na época em que a maioria dos incêndios ocorre, o prejuízo é bem maior (MENEZES, 2000), pois as inflorescências, ao contrário dos pseudobulbos, não resistem aos incêndios. As flores e frutos de *C. eugenii* possuem nectários extraflorais que atraem formigas para proteção. Herbívoros alimentam-se de partes florais de *C. eugenii* o que poderia afetar direta ou/e indiretamente o sucesso reprodutivo da espécie.

Coleta e análise de dados

Os trabalhos de campo foram realizados entre os meses de maio e setembro de 2008 (período de floração da espécie). Um indivíduo de *C. eugenii* coletado (16/VIII/2008, fl., Hall et al. 661) para estudos morfológicos e para servir de material testemunha está depositado no herbário da UFG. Os insetos herbívoros encontrados consumindo partes das inflorescências de *C. eugenii* foram capturados para identificação. O nível de herbivoria natural foi estimado visualmente em 317 flores de *C. eugenii*, nas seguintes partes florais: (a) sexuais (coluna ou ovário); (b) labelo; (c) outros verticilos.

Um experimento manipulativo para avaliar os efeitos indiretos da herbivoria floral no sucesso reprodutivo de *C. eugenii* foi realizado em 41 inflorescências. No total, 205 flores recentemente abertas foram manipuladas (cinco por inflorescência). Em cada inflorescência as flores selecionadas foram aleatoriamente submetidas a um dos seguintes tratamentos (Fig. 4): (1) controle, sem herbivoria (Fig. 4C); (2) herbivoria do lobo central do labelo (Fig. 4A); (3) herbivoria do lobo central e dos lobos laterais do labelo (Fig. 4B); (4) herbivoria de cerca de 30% de cada uma das outras pétalas e das sépalas (Fig. 4D); (5) herbivoria de cerca de 70% de cada uma das outras pétalas e das sépalas (Fig. 4E). Todos os tratamentos foram aplicados a cada inflorescência selecionada. Os diferentes tratamentos tiveram como objetivo simular diferentes níveis de herbivoria que ocorrem naturalmente na natureza.

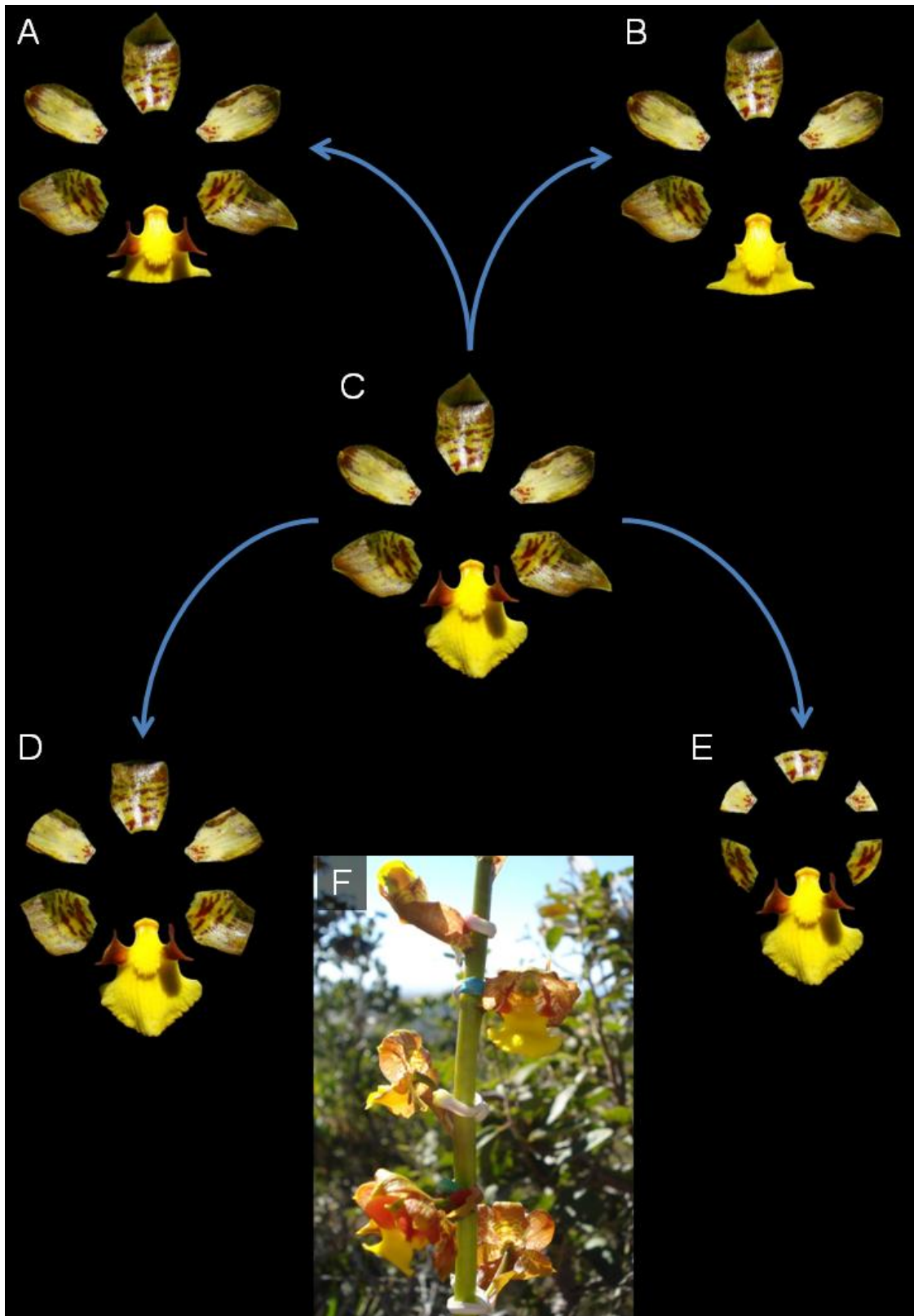


Figura 4 - Tratamentos aplicados simulando herbivoria natural às flores de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas - **A)** Herbivoria do lobo central do labelo; **B)** Herbivoria do lobo central e dos lobos laterais do labelo; **C)** Controle (sem herbivoria); **D)** Herbivoria de cerca de 30% de cada uma das outras pétalas e das sépalas; **E)** Herbivoria de cerca de 70% de cada uma das outras pétalas e das sépalas; **F)** Aspecto de uma inflorescência tratada.

O sucesso reprodutivo foi verificado de 9 a 10 dias após a manipulação. Sucesso masculino foi considerado quando a polínia não estava mais presente nas flores. Já o sucesso feminino foi considerado quando o ovário começou a se dilatar e a coluna estava dilatada, indicando que a flor havia sido polinizada. O sucesso reprodutivo dos indivíduos utilizados no experimento não foi prejudicado porque situações comparáveis aos tratamentos aplicados experimentalmente ocorrem frequentemente em condições naturais. Além disso, polinizações manuais foram realizadas nas mesmas inflorescências utilizadas no experimento após a coleta de dados do sucesso reprodutivo, o que compensa qualquer diminuição no sucesso reprodutivo que poderia ser causada pelo experimento. A análise dos valores de frequência de remoção de polínias e de formação de frutos foi feita através do teste do Chi-quadrado.

Resultados e discussão

Foram encontradas quatro espécies de florívoros consumindo parte das flores e inflorescências de *C. eugenii*: três de ortóptera (grilos e gafanhotos) e uma de coleóptera (besouro). Na área de estudo, dentre as 317 flores nas quais o nível da herbivoria natural foi avaliado, 44,80% sofreram herbivoria, valor alto quando comparado com outras espécies de orquídea ou de outras famílias (e.g. BREADMORE & KIRK, 1998; ALMEIDA & FIGUEIREDO, 2003; MCCALL, 2008). Porém, dois fatores devem contribuir para que o nível de herbivoria em *C. eugenii* não seja ainda maior. Primeiro a área de estudo é localizada dentro de uma unidade de conservação, diminuindo a influência antrópica, que pode aumentar o ataque dos herbívoros (e.g. MALO et al., 2001). Segundo, a ocorrência de nectários extraflorais nas inflorescências de *C. eugenii* atrai formigas para proteção contra herbívoros. A produção de substâncias adocicadas que atraem formigas é uma forma comum com que algumas orquídeas e muitas outras espécies de plantas tropicais se protegem da herbivoria (e.g. JEFFREY et al., 1970; SHERBROOKE & SCHEERENS, 1979; JAFFE et al., 1989; ALMEIDA & FIGUEIREDO, 2003). Como muitas formigas tendem a ser agressivas com outros artrópodes que visitam a planta, elas reduzem a herbivoria e protegem os indivíduos ocupados (e.g. BENTLEY, 1977; ALMEIDA & FIGUEIREDO, 2003; FERNADES et al., 2005).

Dentre as flores de *C. eugenii* danificadas naturalmente, apenas 15,45% tiveram suas estruturas sexuais consumidas (coluna ou/e ovário). Flores com o ovário ou a coluna

danificadas têm seus gametas consumidos, sofrendo os efeitos diretos da herbivoria. Apesar do valor baixo, o consumo de estruturas sexuais é especialmente prejudicial em espécies com baixa produção de frutos, assim como *C. eugenii*, principalmente quando há consumo do ovário pós-fecundação. Além disso, os efeitos diretos da herbivoria podem ser multiplicados pelos efeitos indiretos causados por uma diminuição da atratividade ao polinizador.

Em sistemas de engodo alimentar a atração dos polinizadores ocorre principalmente por sinais visuais (SCHLÜTER & SCHIESTL, 2008). As pétalas e as sépalas são os principais responsáveis pela atração dos polinizadores, porém 29,35% das flores de *C. eugenii* sofreram herbivoria nestas partes. Foram encontradas mais flores com herbivoria no labelo (20,50%) do que em outros verticilos (18,92%). Além disso, o labelo também apresentou maior proporção de área com herbivoria (média de 42,84% da área do labelo nas flores que sofreram herbivoria neste verticilo), do que os outros verticilos (média de 36,41% da área dos outros verticilos nas flores que sofreram herbivoria destes). Portanto, além de mais flores terem o labelo consumido, a área média consumida deste também foi maior que dos outros verticilos. Porém, como a área somada dos outros verticilos é maior do que a área do labelo, estes ainda ganham em massa consumida pelos herbívoros.

Os valores de herbivoria de *C. eugenii* foram altos quando comparados com outras espécies de orquídea ou de outras famílias, por exemplo, Almeida & Figueiredo (2003) estudaram a herbivoria em *Epidendrum denticulatum* Jacq. (Orchidaceae), e observaram que apenas 6,47% das flores sofreram herbivoria. Malo et al. (2001) quantificaram a herbivoria em 1993 flores de *Myrmecophila tibicinis* (Bateman) Rolfe (Orchidaceae), e 3,9% tinham sido danificadas por florívoros. Apenas 0,5% flores tinham danos na coluna, 1,2% tinham danos severos, e 2,2% tinham pequenos danos. Breadmore & Kirk (1998) verificaram que a proporção de área das pétalas danificadas em *Orchis mascula* L. (Orchidaceae) é de 0,94%. Neste mesmo estudo, outras 40 espécies de plantas herbáceas também foram quantificadas quanto à proporção de área das pétalas danificadas. O dano médio entre todas as 41 espécies foi de apenas 2%, com um mínimo de 0% em *Galium sternerii* Ehrend (Rubiaceae) e máximo de 8% em *Primula vulgaris* Huds. (Primulaceae). McCall (2008) quantificou o nível de herbivoria de *Nemophila menziesii* Hook. & Arn. (Hydrophyllaceae) durante três anos consecutivos. A quantidade de flores com herbivoria em 2003 foi de 23% com proporção de área consumida entre todas as flores de 15%. Os danos nas anteras foram de 8% e no estigma de apenas 1%, e em 2004 e 2005, 21,7% e 7,2% (respectivamente) das flores por planta sofreram herbivoria. Calvo-Irabién e Islas-Luna (1999) verificaram que 30% das flores de *Aphelandra aurantiaca* (Scheidw.) Lindl. (Acanthaceae) foram danificadas por uma grande

diversidade de insetos. Enquanto Weiss (1996) verificou que 71% das flores de *Centropogon solanifolius* Benth. (Campanulaceae) estavam infestadas com larvas de mosca que se alimentam de pólen.

O sucesso reprodutivo (feminino e masculino) de flores de *C. eugenii* submetidas experimentalmente a diferentes tipos de simulação de herbivoria está resumido na Tabela 3. A estimativa da área consumida realizada foi importante para justificar a escolha dos diferentes tratamentos do experimento. A herbivoria média de 42,84% é bem semelhante ao tratamento de remoção do lobo central do labelo que foi utilizado no experimento. Os tratamentos realizados nas outras pétalas e sépalas corresponderam a uma superfície consumida um pouco maior e um pouco menor que a herbivoria média encontrada de 36,41%.

Tabela 3 - Sucesso reprodutivo de flores de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. submetidas à diferentes tratamentos simulando herbivoria no Parque estadual da Serra de Caldas Novas.

Tratamentos	Sucesso masculino (%)	Sucesso feminino (%)
Controle	43,90	9,75
Lobo central do labelo	7,32	0,00
Lobos central e laterais do labelo	2,44	0,00
30% dos outros verticilos	41,46	9,75
70% dos outros verticilos	48,78	7,31

As porcentagens de flores do controle do experimento com polínias removidas e com frutos formados representam a proporção encontrada em condições naturais. O baixo sucesso reprodutivo de *C. eugenii* é característico de espécies que não oferecem recompensas aos seus polinizadores, sendo polinizadas por engodo. Espécies de orquídea que não oferecem recompensas florais aos seus polinizadores possuem taxa de visitação, número de flores visitadas por inflorescência e tempo de estadia dos polinizadores nas flores, inferiores aos das espécies que oferecem recompensas (JOHNSON & NILSON, 1999), e conseqüentemente a taxa de produção de frutos (número de frutos produzidos por flor produzida) também é menor (NEILAND & WILCOCK, 1998). Apesar do baixo percentual de produção de frutos, a falta de recursos traz vantagens para as espécies que utilizam essa estratégia. Em primeiro lugar, flores que não produzem frutos ainda contribuem para o sucesso masculino (e.g. MURREN & ELLISON, 1996; O'CONNELL & JOHNSTON, 1998). Segundo, o número de flores visitadas por inflorescência é mais baixo, reduzindo, assim, a taxa de auto-fecundação causada por geitonogamia (JOHNSON & NILSON, 1999; COZZOLINO & WIDMER,

2005). Terceiro, a diminuição do gasto energético com recompensas permite o investimento em outros aspectos (JOHNSON & NILSON, 1999), como o aumento da atratividade, do número de flores ou da longevidade destas.

Os dois tratamentos com simulação de herbivoria do labelo apresentaram séria redução do sucesso reprodutivo. As diferenças entre flores com o lobo central do labelo removido e o controle foram significativas tanto para a remoção de polínias ($\chi^2=14,403$; $p<0,001$), quanto para a formação de frutos ($\chi^2=4,205$; $p=0,040$). O mesmo aconteceu para flores com o lobo central e os lobos laterais removidos, para o sucesso masculino ($\chi^2=19,798$; $p<0,001$) e também para o sucesso feminino ($\chi^2=4,205$; $p=0,040$). O labelo é uma pétala diferenciada presente em todas as espécies de orquídeas. A sua função é variada, podendo servir como superfície de pouso para polinizadores, localização da recompensa floral, atração visual e química para os polinizadores, entre outras (VAN DER PIJL & DODSON, 1966). *Cyrtopodium eugenii* é uma orquídea que não possui recompensa floral, apesar disso, ela é polinizada pela abelha *Centris (Trachina) fuscata* Lepeletier, 1841 (Anthophoridae, Centridini) (HALL, Cap.1 desta dissertação). O labelo de *C. eugenii* é o principal responsável pela atração do polinizador. A coloração amarelo-vivo do labelo é semelhante à de várias espécies que co-florescem na área de estudo, especialmente *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss., enganando o polinizador. Além da importância na atração, o labelo também serve como superfície de pouso do polinizador, sendo imprescindível para o contato correto deste com as polínias e o estigma de *C. eugenii* e, assim, para o processo de polinização (HALL, Cap.1 desta dissertação). Devido à importância do labelo na polinização de *C. eugenii*, fica fácil de entender porque a herbivoria mesmo que parcial desta peça floral é tão prejudicial para o seu sucesso reprodutivo.

As diferenças entre o controle e os tratamentos nos outros verticilos não foram significativas para o sucesso masculino ($\chi^2=0,498$; $p=0,823$) e também para o sucesso feminino ($\chi^2=0,000$; $p=1,000$), no tratamento de 30% do labelo consumido. O mesmo aconteceu no tratamento de 70% do labelo consumido para o sucesso masculino ($\chi^2=0,196$; $p=0,658$) e para o sucesso feminino ($\chi^2=0,156$; $p=0,692$). As pétalas laterais e as sépalas de *C. eugenii* possuem uma coloração acastanhada e menos conspícua do que a do labelo, e aparentemente não têm função de atrair os polinizadores (HALL, Cap.1 desta dissertação). Por isso, mesmo o tratamento com 70% destes verticilos consumidos, não mostrou diferenças significativas no sucesso masculino e no feminino, quando comparado ao controle. Estes verticilos, por serem tolerantes à herbivoria (não diminuem o fitness da planta mesmo após o

consumo), provavelmente têm como uma das funções justamente a de serem consumidos pelos herbívoros, diminuindo a pressão de herbivoria sobre o labelo, coluna e ovário, que são as partes mais importantes da flor para o sucesso reprodutivo da espécie.

Os efeitos indiretos da herbivoria são bem variados dependendo da espécie danificada. Por exemplo: Malo et al. (2001) realizaram um estudo com *Myrmecophila tibicinis* (Bateman) Rolfe (Orchidaceae), no qual foram aplicados experimentalmente tratamentos de herbivoria no labelo e nos outros verticilos, porém nenhuma diferença no sucesso reprodutivo (masculino e feminino) em relação ao controle foi significativa; Mothershead & Marquis (2000) verificaram que *Oenothera macrocarpa* Nutt. (Onagraceae), quando tem seus botões florais danificados, produz flores com diâmetro da corola e comprimento do tubo diminuído, e com isso, produzem cerca de 68% menos frutos; McCall (2000) em um estudo com *Nemophila menziesii* Hook. & Arn. (Hydrophyllaceae) verificou que flores não danificadas recebem mais do que o dobro de visitas do que as afetadas por herbivoria; Leavitt e Robertson (2006) analisaram flores de *Lepidium papilliferum* (L.F. Hend.) A. Nelson & J.F. Macbr. (Brassicaceae) com perfurações nas pétalas e verificaram uma produção de frutos de 44%, contra 80% das flores intactas; Krupnick & Weis (1999) estudaram os efeitos indiretos da florivoria em *Isomeris arborea* Nutt. (Capparaceae), sendo que esta apresentou diminuição apenas do sucesso reprodutivo masculino, mas não do feminino.

Dentro da ampla gama dos efeitos indiretos nas diferentes espécies vegetais, o resultado encontrado no presente estudo se destaca. Enquanto mesmo uma grande herbivoria nas pétalas laterais e sépalas não mostrou diminuição no sucesso reprodutivo, a herbivoria do labelo mostrou-se devastadora para os sucessos masculino e feminino de *C. eugenii*. Esses resultados indicam que o labelo é a parte fundamental da flor para a atração do polinizador e para a reprodução de *C. eugenii*, enquanto os outros verticilos se mostraram tolerantes à herbivoria, e por isso, quando consumidos devem diminuir a pressão de herbivoria sobre o labelo e as estruturas sexuais de *C. eugenii*.

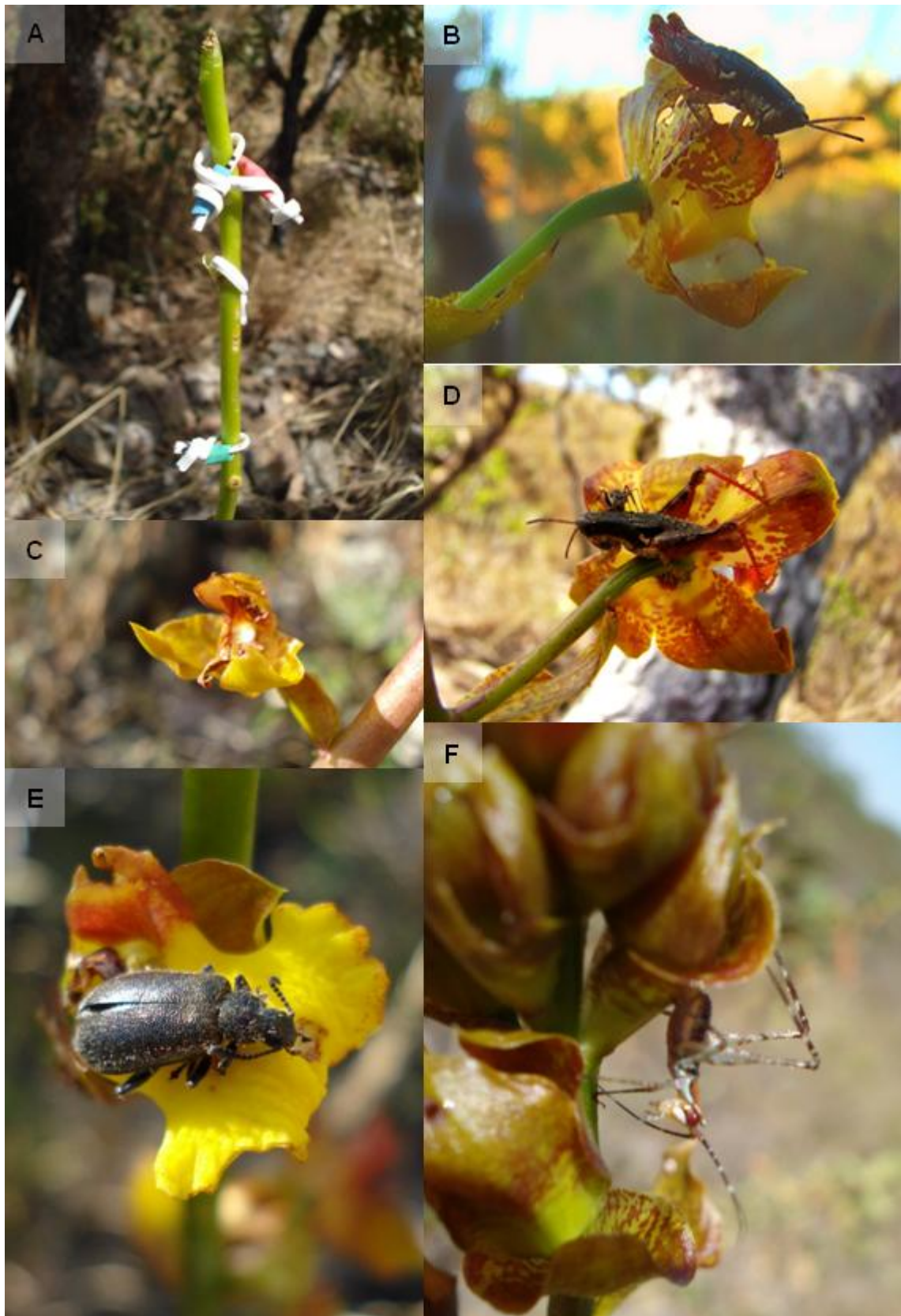


Figura 5 – Florivoria de *Cyrtopodium eugenii* Rchb.f. & Warm. no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – **A)** Inflorescência do experimento que foi totalmente destruída pela florivoria; **B)** Ortóptera consumindo uma flor de *C. eugenii*; **C)** Flor de *C. eugenii* que sofreu herbivoria; **D)** Formiga atacando um ortóptera; **E)** Coleóptera consumindo flor de *C. eugenii*; **F)** Ortóptera consumindo inflorescência de *C. eugenii*.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio a Pesquisa (FUNAPE-UFG) pela bolsa concedida; a todos que auxiliaram nos trabalhos de campo, especialmente Augusto Francener Nogueira Gonzaga, Caroline de Oliveira Martins e Leonardo Bergamini; à Agência Ambiental do Estado de Goiás pela licença para a realização do trabalho; à diretoria e funcionários do PESCAN pelo alojamento e informações sobre o parque. Ao Dr. Paulo De Marco Júnior e ao doutorando Leandro Juen ambos da Universidade Federal de Goiás pela ajuda nas análises estatísticas.

Referências bibliográficas

- ACKERMAN, J. D. Euglossine bee pollination of the orchid, *Cochleanthes lipscombiae*: a food source mimic. **American Journal of Botany**, v. 70, n. 6, p. 830-834, 1983.
- ALMEIDA, A. M.; FIGUEIREDO, R. A. Ants visit nectaries of *Epidendrum denticulatum* (Orchidaceae) in a brazilian rainforest: effects on herbivory and pollination. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 4, p. 551-558, 2003.
- ANDERSON, B.; JOHNSON, S. D.; CARBUTT, C. Exploitation of a specialized mutualism by a deceptive orchid. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 8, p. 1342–1349, 2005.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; LÖFSTEDT, C.; HANSSON, B.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Evolution of reproductive strategies in the sexually deceptive orchid *Ophrys sphegodes*: how does flower-specific variation of odor signals influence reproductive success? **Evolution**, v. 54, n. 6. p. 1995-2006, 2000.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Pollinator attraction in a sexually deceptive orchid by means of unconventional chemicals. **Proceedings: Biological Sciences**, v. 270, n. 1514, p. 517-522, 2003.
- BENTLEY, B. L. Extrafloral Nectaries and Protection by Pugnacious Bodyguards. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 407-427, 1977.
- BIERZYCHUDEK, P. *Asclepias*, *Lantana*, and *Epidendrum*: A Floral Mimicry Complex? **Biotropica**, v. 13, n. 2, Supplement: Reproductive Botany, p. 54-58, 1981.
- BREADMORE, K. N.; KIRK, W. D. J. Factors affecting floral herbivory in a limestone grassland. **Acta Oecologica**, v. 19, n. 6, p. 501-506, 1998.
- CALVO-IRABIÉN, L. M.; ISLAS-LUNA, A. Predispersal predation of an understory rainforest herb *Aphelandra aurantiaca* (Acanthaceae) in gaps and mature forest.

- American Journal of Botany**, v. 86, n. 8, p. 1108-1113, 1999.
- CHASE, M. W.; HILLS, H. G. Orchid phylogeny, flower sexuality, and fragrance-seeking – Evidence from variation in chloroplast DNA among subtribes Catasetinae and Cyrtopodiinae. **BioScience**, v. 42, p. 43-49, 1992.
- COZZOLINO, S.; WIDMER, A. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception? **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 9, p. 487-494, 2005.
- DAFNI, A. Pollination of *Orchis caspia*--a nectarless plant which deceives the pollinators of nectariferous species from other plant families. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 2, p. 467-474, 1983.
- FERNANDES, G. W.; FAGUNDES, M.; GRECO, M. K. B.; BARBEITOS, M. S.; SANTOS, J. C. Ants and their effects on an insect herbivore community associated with the inflorescences of *Byrsonima crassifolia* (Linnaeus) H.B.K. (Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 2, p. 264-269, 2005.
- JEFFREY, D. C.; ARDITTI, J.; KOOPOWITZ, H. Sugar Content in Floral and Extrafloral Exudates of Orchids: Pollination, Myrmecology and Chemotaxonomy Implication. **New Phytologist**, v. 69, n. 1, p. 187-195, 1970.
- JOHNSON, S. D. Batesian mimicry in the non-rewarding orchid *Disa pulchra*, and its consequences for pollinator behaviour. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 71, p. 119-132, 2000.
- JOHNSON, S. D.; NILSSON, L. A. Pollen carryover, geitonogamy, and the evolution of deceptive pollination systems in orchids. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2607-2619, 1999.
- JUILLET, N.; GONZALEZ, M. A.; PAGE, P. A.; GIGORD, L. D. B. Pollination of the European food-deceptive *Traunsteinera globosa* (Orchidaceae): the importance of nectar-producing neighbouring. **Plant Systematics and Evolution**, v. 265, p. 123–129, 2007.
- KRUPNICK, G. A.; WEIS, A. E.; CAMPBELL, D. R. The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*. **Ecology**, v. 80, n. 1, p. 125-134, 1999a.
- KRUPNICK, G. A.; WEIS, A. E. The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. **Ecology**, v. 80, n. 1, p. 135-149, 1999b.
- LEAVITT, H.; ROBERTSON, I. Petal herbivory by chrysomelid beetles (*Phyllotreta* sp.) is detrimental to pollination and seed production in *Lepidium papilliferum* (Brassicaceae) **Ecological Entomology**, v. 31, p. 657-660, 2006.
- LI, P.; LUO, Y. B.; BERNHARDT, P.; YANG, X. Q.; KOU, Y. Deceptive pollination of the Lady's Slipper *Cypripedium tibeticum* (Orchidaceae). **Plant Systematics and**

- Evolution**, v. 262, p. 53–63, 2006.
- MALO, J. E.; LEIRANA-ALCOCER, J.; PARRA-TABLA, V. Population fragmentation, florivory, and the effects of flower morphology alterations on the pollination success of *Myrmecophila tibicinis* (Orchidaceae). **Biotropica**, v. 33, n. 3, p. 529-534, 2001.
- MANT, J.; PEAKALL, R.; WESTON, P. H. Specific pollinator attraction and the diversification of sexually deceptive *Chiloglottis* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 253, p. 185–200, 2005.
- MCCALL, A. C. Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. **Oecologia**, v. 155, p. 729-737, 2008.
- MCCALL, A. C.; IRWIN, R. E. Florivory: the intersection of pollination and herbivory. **Ecology Letters**, v. 9, p. 1351-1365, 2006.
- MOTHERSHEAD, K.; MARQUIS, R. J. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. **Ecology**, v. 81, n. 1, p. 30-40, 2000.
- NEILAND, M. R. M.; WILCOCK, C. C. Fruit set, nectar reward, and rarity in the Orchidaceae. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 12, p. 1657-1671, 1998.
- PANSARIN, L. M.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Reproductive biology of *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae): a Cyrtopodiinae pollinated by deceit. **Plant Biology**, v. 10, p. 650-659, 2008.
- PEAKALL, R. Responses of male *Zaspilothynnus trilobatus* Turner wasps to females and the sexually deceptive orchid it pollinates. **Functional Ecology**, v. 4, n. 2, p. 159-167, 1990.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Pollinators discriminate among floral heights of a sexually deceptive orchid: implications for selection. **Evolution**, v. 47, n. 6, p. 1681-1687, 1993.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Ecological and genetic consequences of pollination by sexual deception in the orchid *Caladenia tentaculata*. **Evolution**, v. 50, n. 6, p. 2207-2220, 1996.
- ROMERO-GONZÁLEZ, G. A.; BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. B. A synopsis of the genus *Cyrtopodium* (Catasetinae: Orchidaceae). **Harvard Papers in Botany**, v. 13, n. 1, p. 189-206, 2008.
- SCHLÜTER, P. M.; SCHIESTL, F. P. Molecular mechanisms of floral mimicry in orchids. **Trends in Plant Science**, v. 13, n. 5, 2008.

- SHERBROOKE, W. C.; SCHEERENS, J. C. Ant-Visited Extrafloral (Calyx and Foliar) Nectaries and Nectar Sugars of *Erythrina flabelliformis* Kearney in Arizona. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 66, n. 3, p. 472-481, 1979.
- SOLIVA, M.; WIDMER, A. Gene flow across species boundaries in sympatric, sexually deceptive *Ophrys* (orchidaceae) species. **Evolution**, v. 57, n. 10, p. 2252-2261, 2003.
- SPAETHE, J.; MOSER, W. H.; PAULUS, H. F. Increase of pollinator attraction by means of a visual signal in the sexually deceptive orchid, *Ophrys heldreichii* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 264, p. 31-40, 2007.
- STEINER, K. E.; WHITEHEAD, V. B.; JOHNSON, S. D. Floral and pollinator divergence in two sexually deceptive south african orchids. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 2, p. 185-194, 1994.
- STRAUSS, S. Y. Floral characters link herbivores, pollinators and plant fitness. **Ecology**, v. 78, n. 6, p. 1640-1645, 1997.
- SUGIURA, N.; GOUBARA, M.; KITAMURA, K.; INOUE, K. Bumblebee pollination of *Cypripedium macranthos* var. *rebunense* (Orchidaceae); a possible case of floral mimicry of *Pedicularis schistostegia* (Orobanchaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 235, p. 189-195, 2002.
- VAN DER CINGEL, N. A. **An atlas of orchid pollination: America, Africa, Asia and Australia**. Netherlands: A.A. Balkema, 2001.
- VAN DER PIJL, L.; DODSON, C. H. **Orchid flowers: their pollination and evolution**. Florida: Coral Gables, University of Miami, 1966.
- WEISS, M. R. Pollen-feeding fly alters floral phenotypic gender in *Centropogon solanifolius* (Campanulaceae). **Biotropica**, v. 28, p. 770-773, 1996.

Capítulo 3

Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas,
Goiás, Brasil

Capítulo 3 – Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil

Resumo

(Orchidaceae do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil). O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) está situado no sudeste do estado de Goiás, entre as cidades de Caldas Novas e Rio Quente, a 17°43'-17°50'S e 48°40'-48°44'W. O Parque possui 125 km² com formato aproximadamente elíptico, sendo que a maior parte é constituída pelo platô com amplas áreas de cerrado *sensu stricto*, possuindo ainda encostas laterais com fisionomias de campo úmido, formações rupestres e matas de galeria. O presente trabalho objetivou o levantamento das espécies de Orchidaceae ocorrentes no PESCAN. Durante o estudo foram registradas 12 espécies distribuídas em oito gêneros, sendo o gênero mais representativo *Habenaria* (três spp.), seguido por *Cleistes* e *Galeandra* (duas spp.), *Catasetum*, *Cyrtopodium*, *Koellensteinia*, *Oeceoclades* e *Polystachya* (uma sp.). As fitofisionomias com o maior número de espécies foram o campo rupestre e a mata de galeria. O hábito mais comum entre as espécies foi o terrestre. A época de floração predominante foi a estação chuvosa. Apenas duas espécies são comuns na área do parque (*Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. e *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f.), apesar de todas as espécies encontradas possuírem distribuição ampla. O número de espécies encontradas foi baixo quando comparado a outras áreas inseridas no Bioma Cerrado, porém todas as espécies encontradas férteis durante o estudo parecem ser novas ocorrências para o PESCAN.

Palavras-chave – florística, orquídeas, Bioma Cerrado, PESCAN.

Introdução

A família Orchidaceae é constituída por cerca de 20.000 espécies (DRESSLER, 1993), apresenta distribuição cosmopolita, mas sua maior concentração está nas regiões tropicais. No Brasil, são encontrados 200 gêneros, com mais de 2.500 espécies, sendo considerado o terceiro país do mundo em diversidade, perdendo apenas para Equador e Colômbia (SOUZA & LORENZI, 2008).

O Cerrado é um dos *hotspots* mundiais de diversidade (MYERS et al., 2000) e constitui o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, ocupando cerca de 2 milhões de km², aproximadamente 25% do território brasileiro (DIAS, 1992). Este bioma abrange o Distrito Federal e quase todo o território dos Estados de Goiás e Tocantins, além de partes da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo e algumas manchas na região amazônica.

Segundo Mendonça et al. (2008), o Cerrado possui 666 espécies de Orchidaceae, o que a torna uma das famílias mais representativas em número de espécies, apesar de não compor um elemento dominante da vegetação local. Mas apesar da importância florística desta família neste bioma, poucos autores têm tratado do assunto.

O Distrito Federal, até o momento, é o lugar mais amostrado (e.g. FILGUEIRAS & PEREIRA, 1994; BATISTA & BIANCHETTI, 2003; BATISTA et al., 2005), sendo que atualmente, em uma análise da literatura percebe-se que o Distrito Federal possui mais espécies de orquídeas registradas do que em Goiás e Tocantins juntos (BIANCHETTI et al., 2005). Independentemente da real diversidade local da família isso demonstra o quão pequeno ainda é o esforço de coleta realizado no Bioma Cerrado e a importância da realização de levantamentos florísticos como o presente. O Parque Estadual da Serra de Caldas Novas localiza-se no município de Caldas Novas, no Estado de Goiás. A região apresenta diferentes fisionomias vegetais, compreendendo áreas de cerrado *sensu stricto*, campo limpo, campo sujo, floresta de galeria e vegetação de formações rupestres.

Por sua beleza e exotismo, as orquídeas são utilizadas como plantas ornamentais, sendo geralmente retiradas de seus ambientes naturais. Esta prática extrativista somada aos problemas enfrentados pelo Cerrado como a destruição dos habitats pelo desmatamento e para pastagens leva muitas espécies ao perigo de extinção (KLINK & MACHADO, 2005). Os primeiros passos, para um maior conhecimento da diversidade da família Orchidaceae em Goiás, são a localização das espécies, e o estudo de sua biologia e dos seus habitats naturais visando à elaboração de listagens das espécies ocorrentes nas diversas regiões do estado, fornecendo, assim, subsídios para a preservação das espécies *in situ*, circunscrevendo as áreas de maior diversidade, e as áreas onde são encontradas espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção. O objetivo do presente estudo é apresentar um inventário das espécies da família Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, incluindo descrição morfológica de cada espécie e uma chave para identificação das mesmas.

Material e métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), localizado entre as cidades de Caldas Novas e Rio Quente, na região sudeste do Estado de Goiás, a 17°43'-17°50'S e 48°40'-48°44'W. O Parque compreende uma área de 125 km², com formato aproximadamente elíptico, incluindo o topo que é constituído de um grande platô, as laterais com encostas que formam muralhas naturais e a base da serra, que faz divisão com fazendas e loteamentos urbanos. A altitude média da serra é de 1.043 m, com desníveis de 150 m em relação às áreas do entorno. O volume de chuvas é grande, especialmente entre os meses de novembro e março, já a estação seca vai de maio a setembro.

A maior parte do parque é coberta por cerrado *sensu stricto* (RIZZO, 1981), sendo esta fisionomia a cobertura vegetal predominante no platô da serra. Os campos limpos, campos úmidos e formações rupestres são as fisionomias predominantes nas laterais do parque, entre o platô e a base da serra. Na região também ocorrem algumas áreas de mata de galeria, margeando os corpos de água que cortam as laterais do parque dentro de cânions, e na base da serra, nas áreas que fazem divisa com fazendas e loteamentos.

Coletas, tratamento e identificação

Durante o ano de 2008, foram realizadas coletas mensais, com duração média de três dias em diferentes pontos do PESCAN. As áreas do parque foram percorridas de forma não sistematizada, buscando-se cobrir a maior extensão possível e as diferentes fitofisionomias em cada expedição. Em agosto de 2008 houve um incêndio no parque, seguido por sua interdição, o que impossibilitou coletas nos meses de setembro, outubro e novembro. Este período coincide com o início da estação chuvosa na região e, por essa razão, acredita-se que ocorram, na área de estudo, algumas outras espécies terrestres que florescem nessa época, mas não chegaram a ser amostradas em campo. Três espécies encontradas estéreis no campo não foram coletadas, porém encontram-se listadas neste trabalho.

A coleta, a herborização e a secagem do material foram realizadas de acordo com as técnicas usuais da botânica (MORI et al., 1985). Cartões com as peças florais estendidas, oriundas dos diferentes espécimes, foram montados para facilitar o estudo morfológico e taxonômico. As identificações foram realizadas através de consultas às obras específicas da família, como: Rodrigues (1877; 1882), Cogniaux (1893-1896; 1898-1902; 1904-1906), Hoehne (1940; 1942; 1945; 1949; 1953), Pabst & Dungs (1975; 1977) e Sprunger et al.

(1996), além de trabalhos específicos de cada gênero (e.g. BATISTA & BIANCHETTI, 2002; PANSARIN, 2005) e comparação com coleções existentes nos herbários SP e UFG. As informações sobre forma de vida e ambiente dos espécimes foram obtidas durante os trabalhos de campo. Os espécimes coletados foram incorporados ao herbário UFG. Levantamentos também foram realizados nos herbários IBGE e UFG, porém não foram encontrados espécimes registrados como oriundos do PESCAN. Informações sobre a distribuição de cada espécie no mundo, no Brasil e em Goiás foram retirados de bibliografia específica de cada gênero e do site da Flora Integrada da Região Centro-Oeste - Florecer (www.florescer.unb.br).

Resultados e discussão

No Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) foram registrados oito gêneros e 12 espécies de Orchidaceae. O gênero que apresenta o maior número de espécies é *Habenaria* Willd. (3 spp.), seguido por *Cleistes* Rich. ex Lindl. e *Galeandra* Lindl. (2 spp.), *Catasetum* Rich. ex Kunth, *Cyrtopodium* R. Br., *Koellensteinia* Rchb. f., *Oeceoclades* Lindl. e *Polystachya* Hook. (1 sp.).

Chave para identificação das espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas

1. Planta epífita.
 2. Inflorescência lateral *Catasetum* sp.
 - 2'. Inflorescência terminal.
 3. Pseudobulbo ca. 2 cm de altura *Polystachya* sp.
 - 3'. Pseudobulbo ca. 9 cm de altura *Galeandra* sp.
- 1'. Planta terrestre ou rupícola.
 4. Caules intumescidos em pseudobulbos.
 5. Inflorescência terminal *Galeandra montana* Barb. Rodr.
 - 5'. Inflorescência lateral.
 6. Folhas maculadas; flores calcaradas *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl.
 - 6'. Folhas não maculadas; flores não calcaradas.

7. Flores amarelas, com máculas castanhas nas pétalas laterais e nas sépalas
 *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm.
- 7'. Flores alvas com máculas vinosas nas pétalas laterais e no labelo
 *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f.
- 4'. Caules não intumescidos em pseudobulbos.
8. Flores róseas, lilases ou púrpuras, não calcaradas.
9. Planta ca. 80 cm alt.; flor lilás; labelo púrpura, ca. 4,8 × 2 cm
 *Cleisthes paranaensis* (Barb. Rodr.) Schltr.
- 9'. Planta ca. 60 cm alt.; flor rósea; labelo róseo, ca. 3,8 × 0,6 cm
 *Cleisthes mantiqueirae* (Rchb. f. & Warm.) Schltr.
- 8'. Flores verdes ou esverdeadas, calcaradas.
10. Labelo inteiro; pétalas laterais inteiras *Habenaria petalodes* Lindl.
- 10'. Labelo trifido; pétalas laterais bifidas.
11. Planta ca. 60 cm alt.; labelo ca. 7 mm compr.; calcar ca. 1,3 cm compr.
 *Habenaria secundiflora* Barb. Rodr.
- 11'. Planta ca. 45 cm alt.; labelo ca. 5 mm compr.; calcar ca. 9 mm compr.
 *Habenaria leprieuri* Rchb. f.

*Descrição das espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual da Serra de
 Caldas Novas*

1. *Catasetum* sp.

Espécie encontrada na área de estudo, mas não coletada por não ter sido encontrada fértil.

Erva epífita, simpodial, umbrófila. Pseudobulbos multifoliados. Folhas verdes, dísticas, dispostas ao longo do pseudobulbo.

Habitats: Encontrada como epífita nos troncos de buritis (*Mauritia flexuosa* L. f.) nas formações de vereda do PESCAN.

Esta espécie de *Catasetum* do PESCAN, assim como outras espécies do gênero, encontra-se associada a espécies de Arecaceae, podendo ser diferenciada das outras espécies de orquídeas do PESCAN por suas raízes que possuem ramificações que não ficam aderidas ao substrato formando uma espécie de “cabeleira” que acumula matéria orgânica. Além disso, é a única espécie de orquídea epífita do PESCAN que possui inflorescência lateral.

2. *Cleistes mantiqueirae* (Rchb. f. & Warm.) Schltr., Arch Bot. São Paulo 1: 179. 1926.

Fig. 6A.

Erva terrestre, ca. 60 cm alt., heliófila. Raiz tuberosa. Caule não intumescido em pseudobulbo. Folhas verdes, espiraladas, lanceoladas, a maior ca. $5,5 \times 1$ cm, decrescendo em direção ao ápice do caule, tornando-se brácteas gradativamente, paleáceas, ápice agudo, amplexicaules, margem inteira. Inflorescência em racemo, pauciflora, ereta, laxa, terminal. Flores róseo-pálidas, pediceladas; sépala dorsal lanceolada, ca. $3 \times 0,5$ cm, ápice agudo; sépalas laterais lanceoladas, ca. $6 \times 2,8$ cm, ápice agudo; pétalas laterais lanceoladas, ca. $2,7 \times 0,9$ cm, ápice agudo; labelo oblanceolado, trilobado, ca. $3,8 \times 0,6$ cm, crista central com papilas amarelas; lobo central ca. 6×6 mm, orbicular, ápice agudo; coluna alva ca. 1,8 cm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., Hall *et al.* 528 (UFG).

Distribuição geográfica: Estados de Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo (PANSARIN, 2005). Em Goiás é encontrada em Alto Paraíso, Pirenópolis (PANSARIN, 2005) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e habitats: encontrada em flor no mês de fevereiro, em campos úmidos próximos a formações rupestres do PESCAN.

Cleistes mantiqueirae diferencia-se de *C. paranaensis* por ser menos robusta, possuindo altura menor e folhas e flores menores. Outra característica distintiva é o labelo

róseo, com coloração muito próxima à dos outros verticilos, possuindo papilas ao invés de fímbrias.

3. *Cleistes paranaensis* (Barb. Rodr.) Schltr., Arch. Bot. São Paulo 1: 180. 1926.

Fig. 6B.

Erva terrestre, ca. 80 cm alt., heliófila. Raiz tuberosa. Caule não intumescido em pseudobulbo. Folhas verdes, espiraladas, lanceoladas, a maior ca. $8 \times 1,7$ cm, decrescendo em direção ao ápice do caule, tornando-se brácteas gradativamente, paleáceas, ápice agudo, amplexicaules na base, margem inteira. Inflorescência em racemo, pauciflora, ereta, laxa, terminal. Flores lilases, pediceladas; sépala dorsal lanceolada, ca. $5,3 \times 0,6$ cm, ápice agudo; sépalas laterais lanceoladas, ca. $5,3 \times 0,8$ cm, ápice agudo; pétalas laterais lanceoladas, ca. $5,2 \times 1,1$ cm, ápice agudo; labelo púrpura, clareando em direção à base, oblanceolado, trilobado, ca. $4,8 \times 2$ cm, crista central com fímbrias esbranquiçadas; lobo central ca. $1,1 \times 1,4$ cm, suborbicular, ápice agudo; coluna alva, ca. 1,4 cm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., *Hall et al. 519* (UFG).

Distribuição geográfica: Distribuída desde o Estado do Paraná até a Bahia. Em Goiás é encontrada em Alto Paraíso, Catalão, Luziânia (PANSARIN, 2005) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e habitats: encontrada em flor no mês de fevereiro, em áreas de transição de cerrado *sensu stricto* para campo úmido no PESCAN.

Cleistes paranaensis é uma das poucas espécies do gênero que tem preferência por locais secos (PANSARIN, 2005). Diferencia-se de *C. mantiqueirae* por ser mais robusta, possuindo maior altura e folhas e flores maiores. Outra característica distintiva é o labelo púrpura contrastando com a coloração lilás dos outros verticilos, possuindo fímbrias ao invés de papílas.

4. *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm., Otia Bot. Hamb. 2(2): 89. 1881.

Fig. 6D, E.

Erva terrestre ou rupícola, simpodial, heliófila. Pseudobulbos fusiformes, ca. 20 cm alt., multifoliados, áfilos na floração. Inflorescência em racemo ou panícula, ca. 1 m compr., lateral, multiflora. Flores amarelas, pediceladas; sépala dorsal amarelo-pálida com máculas castanhas, elíptica, ca. $1,7 \times 1$ cm, ápice agudo; sépalas laterais amarelo-pálidas com máculas castanhas, orbiculares, ca. $1,2 \times 1$ cm, ápice arredondado; pétalas laterais amarelo-pálidas com máculas castanhas, elípticas, ca. $1,7 \times 1$ cm, ápice agudo; labelo amarelo, trilobado, ca. $1,2 \times 1,1$ cm, com um calo na região central, região central deltóide, lobos laterais castanhos, obovados, ca. $0,6 \times 0,5$ cm; coluna verde, ca. 7 mm compr.

Material examinado: 16/VIII/2008, fl., *Hall et al. 661* (UFG).

Distribuição geográfica: Amplamente dispersa pelo Brasil, mas com ocorrência concentrada na região Centro-Oeste (MENEZES, 2000). Em Goiás é encontrada em Alto Paraíso, Cristalina, Ipameri, Luziânia, Minaçu, Niquelândia, Teresina de Goiás (www.florescer.unb.br) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre maio e setembro, como rupícola ou terrestre nos campos rupestres do PESCAN.

Cyrtopodium eugenii é uma das espécies do gênero mais prejudicada pelos efeitos das queimadas, pois apesar de sua parte vegetativa ser resistente ao fogo, floresce na época da seca, tendo sua inflorescência destruída (MENEZES, 2000), o que pôde ser observado no PESCAN durante o presente estudo. É muito comum encontrar indivíduos de *C. eugenii* em seu hábitat natural com poucos ou nenhum fruto, por se tratar de uma espécie que não oferece recompensas florais para os polinizadores. *Cyrtopodium eugenii* pode ser facilmente diferenciado das outras espécies de orquídeas do PESCAN por sua grande inflorescência, com ca. de 1 m de altura, e suas flores com pétalas laterais e sépalas amarelo-pálidas com máculas castanhas que contrasta com a coloração amarelo-vivo do labelo.

5. *Galeandra montana* Barb. Rodr., Gen. Sp. Orchid. 2: 175. 1881.

Fig. 6C.

Erva terrestre, 55-60 cm alt., simpodial, heliófila ou umbrófila. Pseudobulbos ovóides, 5-5,5 cm compr., subterrâneos, multifoliados. Folhas verdes, lineares, 45-50 × 2-2,5 cm, papiráceas, ápice agudo, margem inteira. Inflorescência em racemo, ca. 35 cm compr., pauciflora, ereta, laxa, terminal. Flores castanho-esverdeadas, pediceladas, com calcar saquiforme; sépala dorsal lanceolada, ca. 3,5 × 0,5 cm, ápice acuminado; sépalas laterais ca. 4 × 0,8 cm, sub-falciformes, ápice agudo; pétalas lanceoladas, ca. 3 × 0,5 cm, ápice agudo; labelo creme com ápice vinoso, rombóide, trilobado, ca. 4 × 4,7 cm; lobo central suborbicular, ca. 1 × 2 cm; coluna creme, ca. 1,3 cm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., *Hall et al.* 533 (UFG).

Distribuição geográfica: Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Norte e São Paulo (MONTEIRO, 2007). Em Goiás é encontrada em Alto Paraíso, Cavalcante, Cristalina, Luziânia, Minaçu, Santo Antônio do Descoberto, Uruaçu (www.florescer.unb.br), Pirenópolis (HALL et al., 2006) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre os meses de janeiro e março, nos solos entre rochas nos campos rupestres do PESCAN.

Galeandra montana é a única espécie de orquídea do PESCAN que possui pseudobulbos brancos e subterrâneos. Outra característica importante para a identificação é o seu calcar saquiforme.

6. *Galeandra* sp.

Fig. 6F.

Espécie encontrada na área de estudo, mas não coletada por não ter sido encontrada fértil.

Erva epífita, simpodial, umbrófila. Pseudobulbos fusiformes, multifoliados. Folhas verdes, dísticas, dispostas ao longo do pseudobulbo, lineares, papiráceas, margem inteira, ápice agudo, e pseudobulbos alongados.

Hábitat: encontrada como epífita em áreas de cerrado rupestre do PESCAN.

Galeandra sp. pode ser diferenciada das outras espécies de orquídeas do PESCAN por seu hábito epifítico, com pseudobulbo homoblástico e inflorescência terminal. Diferencia-se de *G. montana* pelo hábito epifítico.

7. *Habenaria leprieuri* Rchb. f., Linnaea 19: 376. 1846.

Fig. 7A.

Erva terrestre, 28-45 cm alt., heliófila. Caule não intumescido em pseudobulbo. Folhas verdes, espiraladas, aciculares, a maior 8-12,5 × 0,1 cm, decrescendo em direção ao ápice do caule, tornando-se brácteas gradativamente, papiráceas, ápice agudo, amplexicaules na base, margem inteira. Inflorescência em racemo, 5,5-7 cm compr., pauciflora, ereta, sublaxa, terminal. Flores verdes, pediceladas, calcaradas; cálcar ca. 9 mm compr., ápice clavado; sépala dorsal oval, 4 × 3 mm, côncava, ápice agudo; sépalas laterais falciformes, ca. 4 × 2 mm, ápice agudo; pétalas laterais bífidas; segmento superior linear, ca. 3 × 1 mm, ápice agudo; segmento inferior linear, ca. 5 × 1 mm, ápice agudo; labelo trifido, ca. 5 mm compr., dilatado na base; segmento central ca. 5 × 1 mm, linear, ápice agudo; segmentos laterais ca. 5 × 1 mm, lineares, ápice agudo; coluna ca. 2 mm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., *Hall et al.* 532 (UFG).

Distribuição geográfica: Brasil (Amapá, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará, Roraima, São Paulo e Tocantins), Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Trinidad-Tobago e Venezuela (BATISTA et al., 2008). Em Goiás é encontrada em Cavalcante, São Domingos (www.florescer.unb.br) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre janeiro e março, nos campos úmidos do PESCAN.

Habenaria leprieuri possui grande semelhança com *H. secundiflora* tanto na morfologia dos órgãos vegetativos quanto das peças florais e no tipo de fisionomia em que ocorrem. Diferencia-se principalmente por características relacionadas a tamanho, pois é um pouco menor, e possui flores pouco mais delicadas e menores.

8. *Habenaria petalodes* Lindl., Gen. Sp. Orchid. Pl. p. 316. 1835.

Fig. 7C.

Erva terrestre, 54-60 cm alt., umbrófila. Caule não intumescido em pseudobulbo. Folhas numerosas, espiraladas, lanceoladas, a maior 8-9 × 2,5-3 cm, decrescendo em direção ao ápice do caule, tornando-se brácteas gradativamente, paleáceas, ápice agudo, amplexicaules na base, margem inteira. Inflorescência em racemo, 17-25 cm compr., multiflora, ereta, sublaxa, terminal. Flores verdes, pediceladas, calcaradas; cálcara 2,2-2,3 cm compr.; sépala dorsal orbicular, 8-9 × 7 mm, côncava, ápice obtuso; sépalas laterais sub-falciformes, ca. 11-13 × 5 mm, côncavas, ápice agudo; pétalas simples, sub-quadrangulares, ca. 8-10 × 5-6 mm, ápice truncado, dilatado; labelo simples, linear, ca. 16 × 3 mm, revoluto, carnoso, dilatado na base; coluna ca. 3 mm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., *Hall et al. 526* (UFG).

Distribuição geográfica: Brasil (Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, Sergipe, São Paulo) e Paraguai (BATISTA et al., 2008). Em Goiás é encontrada em Alto

Paraíso, Corumbá de Goiás, Luziânia, São João da Aliança (www.florescer.unb.br), Pirenópolis (Hall et al., 2006) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre fevereiro e março, nas bordas de mata no PESCAN.

Assim como citado na literatura (BATISTA et al., 2004), *H. petalodes* consegue se adaptar a ambientes antropizados, tendo sido encontrada na serrapilheira sobre uma estrada dentro do PESCAN. *Habenaria petalodes* pode ser facilmente diferenciada das outras espécies de *Habenaria* do PESCAN por possuir folhas lanceoladas e flores com pétalas laterais e labelo inteiros.

9. *Habenaria secundiflora* Barb. Rodr., Gen. Sp. Orchid. 2: 252. 1882.

Fig. 7B.

Erva terrestre, 30-60 cm alt., heliófila. Caule não intumescido em pseudobulbo. Folhas verdes, espiraladas, aciculares, a maior 6-13,5 × 0,3-0,4 cm, decrescendo em direção ao ápice do caule, tornando-se brácteas gradativamente, papiráceas, ápice agudo, amplexicaules na base, margem inteira. Inflorescência em racemo, 9-10 cm compr., multiflora, ereta, sub-laxa, terminal. Flores verdes, pediceladas, calcaradas; cálcar ca. 1,3 cm compr., ápice clavado; sépala dorsal oval, ca. 6 × 4 mm, côncava, ápice agudo; sépalas laterais falciformes, ca. 7 × 2 mm, ápice agudo; pétalas laterais bifidas; segmento superior linear, ca. 5 × 1 mm, ápice agudo; segmento inferior linear, ca. 7 × 1 mm, ápice agudo; labelo trifido, ca. 7 mm compr., dilatado na base; segmento central ca. 5 × 1 mm, linear, ápice agudo; segmento lateral ca. 7 × 1 mm, linear, ápice agudo; coluna ca. 2 mm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl., Hall et al. 522 (UFG).

Distribuição geográfica: Brasil (Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná e São Paulo), Colômbia, Guiana, Guiana Francesa e Venezuela (BATISTA et al., 2008). Em Goiás é encontrada em Cavalcante, Cocalzinho de Goiás, Goiás (www.florescer.unb.br) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre janeiro e março, nos campos úmidos do PESCAN.

Habenaria secundiflora possui grande semelhança com *H. leprieuri* na morfologia dos órgãos vegetativos, quanto nas peças florais e nas fisionomias em que ocorrem. Diferencia-se principalmente por características relacionadas a tamanho, pois é um pouco maior, e possui flores um pouco maiores.

10. *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f., Ann. Bot. Syst. 6: 552. 1863.

Fig. 7D.

Erva terrestre ou rupícola, simpodial, 37-50 cm alt., heliófila ou umbrófila. Pseudobulbos piriformes, ca. 2 cm compr., unifoliados. Folha verde-escura, oblanceolada, 35-48 × 3,5-4 cm, plicada, sub-coriácea, ápice agudo, margem inteira. Inflorescência em racemo, 45-55 cm compr., multiflora, ereta, laxa, lateral. Flores alvas com máculas vinosas, pediceladas; sépala dorsal alva, elíptica, 1,4-1,5 × 0,8 cm, ápice arredondado; sépalas laterais alvas, elípticas, 1,4-1,5 × 0,8 cm, ápice arredondado; pétalas laterais alvas com máculas vinosas, elípticas, 1,2-1,3 × 0,8 cm, ápice arredondado; labelo alvo com máculas vinosas, trilobado, lobo central ca. 0,7 × 1,1 cm, lobos laterais ca. 0,4 × 0,5 cm; coluna alva, ca. 0,4 cm compr. Fruto ca. 3 cm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fl. fr., *Hall et al. 523* (UFG).

Distribuição geográfica: Brasil (Amapá, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Roraima), Guiana e Peru (PABST & DUNGS, 1975). Em Goiás é encontrada em Alto Paraíso, Corumbá de Goiás, Pirenópolis (www.florescer.unb.br) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em flor entre novembro e fevereiro, com frutos podendo ser observados simultaneamente, como terrestre ou rupícola principalmente em campos rupestres margeando corpos d'água do PESCAN.

Ao contrário do que ocorre na maior parte das localidades (e.g. BATISTA & BIANCHETTI, 2003), uma pequena população de *K. tricolor* foi encontrada dentro de uma mata de galeria do PESCAN. *Koellensteinia tricolor* pode ser facilmente diferenciada das outras espécies de orquídeas do PESCAN por suas flores alvas com máculas vinosas nas pétalas laterais e no labelo e por sua grande folha plicada quase do mesmo comprimento da inflorescência.

11. *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl., Gen. Sp. Orchid. Pl. p. 237. 1833.

Fig. 7E-F.

Erva terrestre, simpodial, umbrófila. Pseudobulbos piriformes, ca. 2 cm compr., unifoliados. Folha verde-clara com máculas verde-escuras, apical, elíptica, 8-9 × 2-3 cm, conduplicada, coriácea, ápice agudo, margem inteira. Inflorescência em racemo, ca. 20 cm compr., pauciflora, ereta, laxa, lateral. Flores creme-esverdeadas, calcaradas, pediceladas; calcar cilíndrico, ápice clavado, ca. 4 mm compr.; sépala dorsal suboblanceolada, 8-9 × 2 mm, côncava, ápice agudo; sépalas laterais falciformes, 7-8 × 2 mm, ápice agudo; pétalas suboblanceolada, 7-8 × 3 mm, aderentes à sépala dorsal, ápice agudo; labelo alvo com máculas róseas, tetralobado, ca. 7 × 8 mm; lobos laterais ca. 2 × 3 mm, ápice arredondado, lobos centrais ca. 3 × 3 mm, dois calos na base do labelo; coluna alva, ca. 5 mm compr. Fruto ca. 2,2 cm compr.

Material examinado: 27/II/2008, fr., *Hall et al. 524* (UFG).

Material adicional examinado: Serra dos Pireneus, 26/II/2007, fl. fr., *Hall et al. 283* (UFG).

Distribuição geográfica: espécie com ampla distribuição ocorrendo por toda a África tropical e nas Américas, da Flórida ao Paraguai, incluindo o Brasil, da Amazônia ao Rio Grande do Sul. Em Goiás é encontrada em Alexânia, Alto Paraíso, Colinas do Sul, Cristalina, Luziânia, Minaçu, Niquelândia (www.florescer.unb.br), Pirenópolis (HALL et al., 2007) e Caldas Novas (presente estudo).

Fenologia e hábitat: encontrada em fruto no mês de janeiro, como terrestre de interior de matas de galeria do PESCAN.

A ampla distribuição por mais de um continente de *O. maculata* é incomum entre as Orchidaceae e outras espécies do gênero. *Oeceoclades maculata* pode ser facilmente diferenciada das outras espécies de orquídeas do PESCAN por suas folhas maculadas, característica relativamente rara entre as orquídeas.

12. *Polystachya* sp.

Espécie encontrada na área de estudo, mas não coletada por não ter sido encontrada fértil.

Erva epífita, simpodial, umbrófila. Pseudobulbos multifoliados. Folhas verdes, oblanceoladas, coriáceas, margem inteira, ápice cuneado.

Hábitat: encontrada como epífita no interior de matas de galeria do PESCAN.

Polystachya sp. pode ser diferenciada das outras espécies de orquídea do PESCAN por apresentar um pequeno pseudobulbo homoblástico.

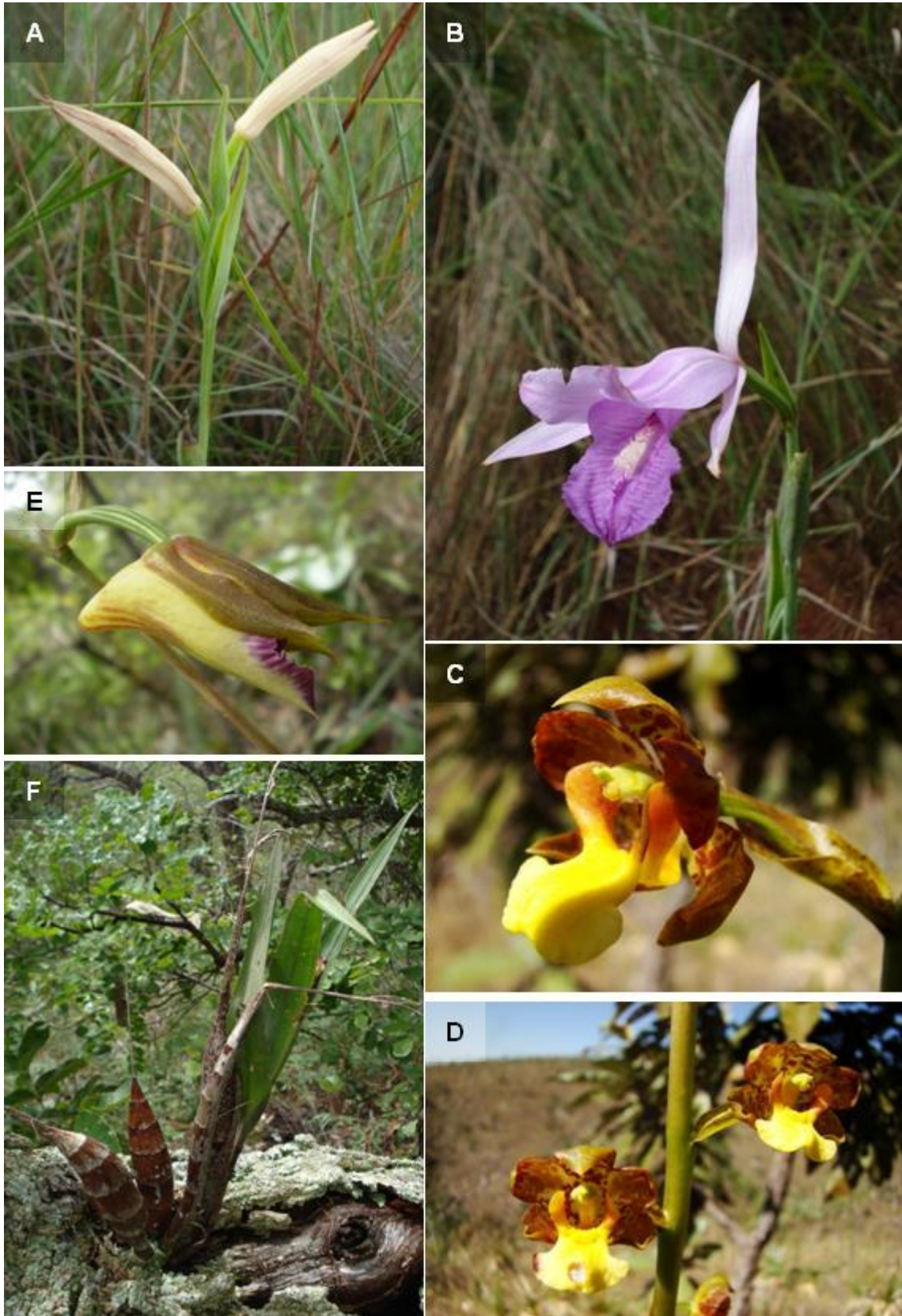


Figura 6 - Orchidaceae encontradas no PESCAN - **A)** *Cleistes mantiqueirae* (Rchb. f. & Warm.) Schltr (Hall et al. 528); **B)** *Cleistes paranaensis* (Barb. Rodr.) Schltr. (Hall et al. 519); **C e D)** *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. & Warm. (Hall et al. 661); **E)** *Galeandra montana* Barb. Rodr. (Hall et al. 533); **F)** *Galeandra* sp. (não coletada).

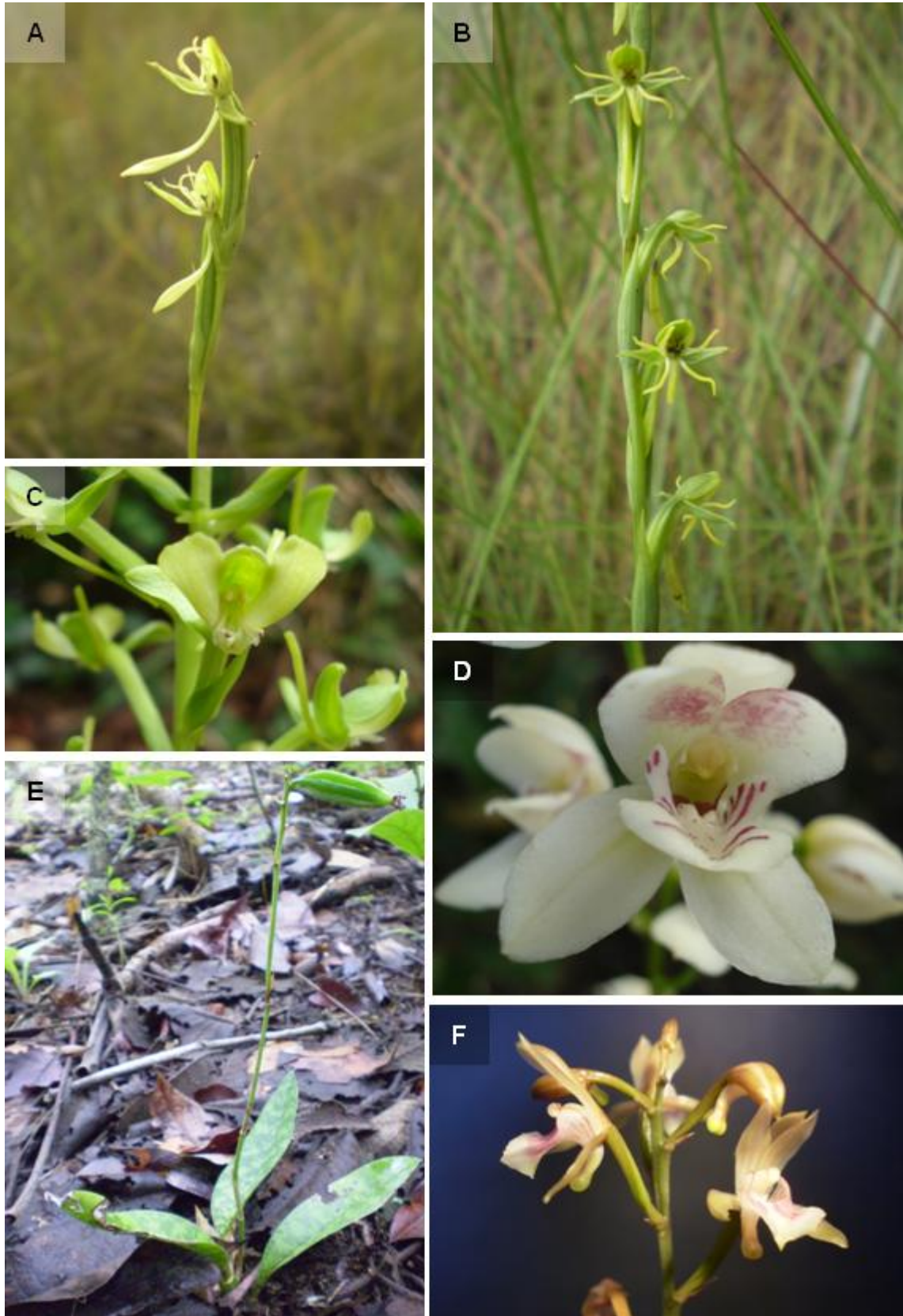


Figura 7 - Orchidaceae encontradas no PESCAN - **A)** *Habanaria leprieuri* Rchb. f. (Hall et al. 532); **B)** *Habanaria secundiflora* Barb. Rodr. (Hall et al. 522); **C)** *Habanaria petalodes* Lindl. (Hall et al. 526); **D)** *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f. (Hall et al. 523); **E e F)** *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl. (Hall et al. 524), foto F exemplar da Serra dos Pireneus (Hall et al. 283).

Hábitat, preferência de substrato, época de floração e frequência das espécies de Orchidaceae encontradas no PESCAN (Tab. 4)

As orquídeas ocorrem no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas como terrestres (sete spp.), epífitas (três spp.), e rupícolas ou terrestres (duas spp.), distribuindo-se pelos vários ambientes e formações vegetacionais. As terrestres são encontradas no maior número de fisionomias: áreas de campo rupestre e úmido, cerrado *sensu stricto* e mata. As epífitas são observadas no interior das matas, campos rupestres e veredas. Já as rupícolas ocorrem nas áreas de campo rupestre. A predominância de espécies terrestres, comum em outras regiões do Bioma Cerrado (e.g. BATISTA & BIANCHETTI, 2003), deve também se dar pela pequena quantidade de formações florestais no parque, fitofisionomia na qual as orquídeas epífitas são mais comuns.

Tabela 4 - Espécies de Orchidaceae registradas no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO, Brasil. Preferência por substrato: Epi = epífita; Rup = rupícola; Ter = terrestre. Hábitat: Crr = Cerrado *sensu stricto*; Cru = Campo rupestre; Mat = Mata de galeria; Umi = Campo úmido; Ver = Vereda. Floração: n obs = Não observado; jan = janeiro, fev = fevereiro, mar = março, mai = maio, set = setembro, nov = novembro.

Espécie	Substrato	Hábitat	Floração	Frequência
<i>Catasetum</i> sp.	Epi	Ver	n obs	Rara
<i>Cleistes mantiqueirae</i> (Rchb. f. & Warm.) Schltr.	Ter	Úmi	fev	Rara
<i>Cleistes paranaensis</i> (Barb. Rodr.) Schltr.	Ter	Crr	fev	Rara
<i>Cyrtopodium eugenii</i> Rchb. f. & Warm.	Ter/Rup	Cru	mai-set	Comum
<i>Galeandra montana</i> Barb. Rodr.	Ter	Cru	jan-mar	Ocasional
<i>Galeandra</i> sp.	Epi	Cru	n obs	Rara
<i>Habenaria leprieuri</i> Rchb. f.	Ter	Úmi	jan-mar	Ocasional
<i>Habenaria petalodes</i> Lindl.	Ter	Mat	fev-mar	Rara
<i>Habenaria secundiflora</i> Barb. Rodr.	Ter	Úmi	jan-mar	Ocasional
<i>Koellensteinia tricolor</i> (Lindl.) Rchb. f.	Ter/Rup	Cru/Mat	nov-fev	Comum
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	Ter	Mat	n obs	Ocasional
<i>Polystachya</i> sp.	Epi	Mat	n obs	Rara

As fitofisionomias em que ocorre o maior número de espécies de orquídeas são as formações rupestres e a mata de galeria (quatro spp.), seguidas por campo úmido (três spp.), cerrado *sensu stricto* e vereda (uma sp.). Fato notável na distribuição das espécies pelas fitofisionomias é a grande quantidade de espécies na mata de galeria, pois essa formação vegetal é rara na área do parque quando comparada às outras.

A época de floração de sete das oito espécies encontradas com flor é a estação chuvosa, a única exceção é *Cyrtopodium eugenii* que floresceu na época seca. O Bioma Cerrado possui duas estações bem marcadas (chuvosa e seca), por isso, espécies herbáceas, como as da família Orchidaceae, que são mais sensíveis à falta de água, normalmente florescem na estação chuvosa (e.g. BATISTA et al., 2005).

Quanto à frequência, a maioria das espécies foi considerada rara ou ocasional (seis e quatro espécies, respectivamente). As duas espécies mais comuns foram *Cyrtopodium eugenii*, ocorrente nas formações rupestres, principalmente em solos pedregosos e *Koellensteinia tricolor*, que ocorre em grandes populações agrupadas margeando corpos de água em formações rupestres. As espécies ocasionais ocorrem de forma esparsa em: formações rupestres (*Galeandra montana*), mata de galeria (*Oeceoclades maculata*), ou campo úmido (*Habenaria leprieuri* e *H. secundiflora*).

Quanto às espécies raras, foram encontrados: (a) apenas um indivíduo de *Catasetum* sp. no alto de um buriti em uma vereda; (b) cerca de cinco indivíduos de *Galeandra* sp. como epífita em um cerrado rupestre; (c) uma pequena população de *Polystachya* sp. como epífita em uma mata, próxima a uma área de visitação conhecida como “Cascatinha”; (d) alguns indivíduos de *H. petalodes* na serrapilheira sobre a estrada que sobe para o platô da serra, na mata da “Cascatinha”; e (e) alguns poucos indivíduos de *Cleistes mantiqueirae* e *C. paranaensis* no campo úmido e no cerrado *sensu stricto*, porém como as flores destas espécies duram um ou dois dias apenas e sua visualização é difícil na falta de flores, elas podem ser mais comuns do que aparentaram. Apesar da raridade de algumas espécies na área do parque, todas as espécies encontradas possuem ampla distribuição no Brasil e até fora do país. Mesmo que as espécies encontradas no parque durante o presente estudo não sejam endêmicas, todas elas são novas ocorrências para o PESCAN.

Comparação da riqueza de Orchidaceae do PESCAN com a de outras localidades

Comparada a outras áreas inseridas no Bioma Cerrado, foram encontradas relativamente poucas espécies de orquídeas no PESCAN (Tabela 5). Provavelmente um dos motivos para essa pequena quantidade de espécies tenha sido a ocorrência de um incêndio que ocasionou a interdição do parque, o que impossibilitou a realização de trabalhos de campo, coleta e observação de espécies que florescem no início da estação chuvosa. Orquídeas terrestres, especialmente as que possuem órgãos de reserva subterrâneos, são especialmente

sujeitas ao regime de chuvas tanto para o crescimento quanto para o florescimento, e por isso, dificilmente seriam visualizadas nas épocas mais secas do ano.

Tabela 5 - Comparação entre o número de gêneros e espécies de Orchidaceae registradas em levantamentos diversos no Bioma Cerrado. P. N. = Parque Nacional; P. E. = Parque Estadual; R. B. = Reserva Biológica; R. F. = Reserva Florestal.

Locais (Estados)	Nº gêneros/ espécies e subtáxons	Áreas (ha)	Referências
Lagoa Santa (MG)	41/120	10800	Warming (1892)
Mucugê (BA)	13/26	89600	Harley & Simmons (1986)
P. N. Serra do Cipó (MG)	33/80	33800	Barros (1987)
P. E. Itacolomi (MG)	24/41	7543	Alves (1990)
Serra de São José (MG)	40/86	2500	Alves (1991)
Reserva Ecológica do IBGE (DF)	36/68	1.360	Pereira et al. (1993)
Estação Ecológica de Águas Emendadas (DF)	13/17	10000	Maurly et al. (1994)
Pico das Almas (BA)	19/46	17000	Toscano-de-Brito (1995)
Estação Ecológica de Tripuí (MG)	7/10	337	Pedralli et al. (1997)
P. N. da Chapada dos Veadeiros (GO)	18/47	65000	Munhoz & Proença (1998)
Fazenda Sucupira (DF)	30/68	1763	Walter & Sampaio (1998)
RPPN Linda Serra dos Topázios (GO)	7/14	496	Proença et al. (2000)
ARIE do Riacho Fundo (DF)	22/68	480	Proença et al. (2001)
Fazenda Água Limpa (DF)	18/49	2660	Proença et al. (2001)
Jardim Botânico de Brasília (DF)	23/43	4429	Proença et al. (2001)
Parque Ecológico Norte (DF)	9/19	176	Proença et al. (2001)
P.N. de Brasília (DF)	46/75	30000	Proença et al. (2001)
Distrito Federal	72/254	578300	Batista & Bianchetti (2003)
Catolés (BA)	31/76	66700	Zappi et al. (2003)
Grão Mogol (MG)	19/34	33324,72	Barros & Pinheiro (2004)
Reserva Ecológica do Guará (DF)	44/105	147	Batista et al. (2005)
APA de Cafuringa (DF)	39/90	46000	Bianchetti et al. (2005)
Chapada Diamantina (BA)	65/175	?	Toscano-de-Brito & Cribb (2005)
P.E. da Serra dos Pireneus (GO)	24/60	2833,26	Hall et al. (2006; 2007)
P. E. de Ibitipoca (MG)	47/118	1923,5	Menini Neto et al. (2007)
P.E. da Serra de Caldas Novas (GO)	7/12	1250	Presente trabalho

Por tudo isso, no ano de 2009, trabalhos de campo ainda serão realizados nos meses em que o parque ficou interditado em 2008, na tentativa de complementar as coletas no período não coberto em 2008. Apesar do número baixo de espécies encontradas, quando comparado a outras áreas inseridas no Bioma Cerrado, todas as espécies encontradas férteis durante o estudo parecem ser novas ocorrências para o PESCAN, o que demonstra o quanto o estado ainda carece de trabalhos florísticos e a importância de estudos como este.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio a Pesquisa (FUNAPE-UFG) pela bolsa concedida; a todos que auxiliaram nos trabalhos de campo, especialmente Augusto Francener Nogueira Gonzaga e Caroline de Oliveira Martins, que foram os mais constantes; à Agência Ambiental do Estado de Goiás pela autorização para a realização do trabalho; à diretoria e funcionários do PESCAN pelo alojamento e informações sobre o parque; aos curadores dos herbários IBGE, SP e UFG, pelo acesso às suas coleções.

Referências bibliográficas

- ALVES, R. J. V. The Orchidaceae of Itacolomi state park in Minas Gerais, Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 65-72, 1990.
- ALVES, R. J. V. **Field guide to the orchids of the Serra de São José, Minas Gerais, Brazil**. Praga: Tropicaleaf, 1991.
- BARROS, F. Orchidaceae. *In*: GIULIETTI, A. M.; MENEZES, N. L.; PIRANI, J. R.; MEGURO, M.; WANDERLEY, M. G. L. (eds.). Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade São Paulo**, v. 9, n. 1, p. 125-130, 1987.
- BARROS, F.; PINHEIRO, F. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Orchidaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 22, p. 361-383, 2004.
- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B. A Review of *Habenaria* (Orchidaceae) in Pabst and Dungs' *Orchidaceae Brasilienses*. **Lindleyana**, v. 17, p. 75-84, 2002.
- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B. Lista atualizada das Orchidaceae do Distrito Federal. **Acta Botânica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 183-201, 2003.

- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B.; NOGUEIRA, R. E.; PELLIZZARO, K. F.; FERREIRA, F. E. The genus *Habenaria* (Orchidaceae) in the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 4 n. 1/2, p. 25-36, 2004.
- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B.; PELLIZZARO, K. F. Orchidaceae da Reserva Ecológica do Guará, DF, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 221-232, 2005.
- BATISTA, J. A. N.; SILVA, J. B. F. da; BIANCHETTI, L. de B. The genus *Habenaria* (Orchidaceae) in the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 105-134, 2008.
- BIANCHETTI, L. de B.; BATISTA, J. A. N.; PELLIZZARO, K. F.; AUGUSTO, M. M. Família Orchidaceae na APA de Cafuringa. In: NETTO, P. B.; MECENAS, V. V.; CARDOSO, E. S. (eds.). **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e recursos hídricos, p. 153-163, 2005.
- COGNIAUX, A. Orchidaceae. In: MARTIUS, C. F. P.; EICHLER, A. G.; URBAN, I. (eds.). **Flora brasiliensis**, v. 3, n. 4, Monachii, Typographia Regia, p. 1-672, 1893-1896.
- COGNIAUX, A. Orchidaceae. In: MARTIUS, C. F. P.; EICHLER, A. G.; URBAN, I. (eds.). **Flora brasiliensis**, v. 3, n. 5, Monachii, Typographia Regia, p. 1-664, 1898-1902.
- COGNIAUX, A. Orchidaceae. In: MARTIUS, C. F. P.; EICHLER, A. G.; URBAN, I. (eds.). **Flora brasiliensis**, v. 3, n. 6, Monachii, Typographia Regia, p. 1-604, 1904-1906.
- DIAS, B. F. D. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis**, p. 7-8, 1992.
- DRESSLER, R. L. **Phylogeny and Classification of the Orchid Family**. Portland: Dioscorides Press, 314 p., 1993.
- FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B. A. S. Flora do Distrito Federal: Orchidaceae. In: PINTO, M. N. (Org.), **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed., Brasília: UnB / SEMATEC, p. 391-393, 1994.
- HALL, C. F.; GOMES-KLEIN, V. L., PINHEIRO, F. C.; BARROS, F. de. Levantamento Preliminar da Família Orchidaceae na Serra dos Pireneus, Goiás, Brasil. **Resumos do III CONPEEX**, 2006.
- HALL, C. F.; GOMES-KLEIN, V. L., PINHEIRO, F. C.; BARROS, F. de. Novas ocorrências da família Orchidaceae na Serra dos Pireneus, Goiás, Brasil. **Resumos do 58º Congresso Nacional de Botânica**, 2007.

- HARLEY, R. M.; SIMMONS, N. A. **Florula of Mucugê**. Kew, Royal Botanic Gardens, 1986.
- HOEHNE, F. C. Orchidaceas. *In*: HOEHNE, F. C. (ed.). **Flora Brasílica**, v. 12, n. 1. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio de São Paulo, p. 1-254, 1940.
- HOEHNE, F. C. Orchidaceas. *In*: HOEHNE, F. C. (ed.). **Flora Brasílica**, v. 12, n. 6. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio de São Paulo, p. 1-218, 1942.
- HOEHNE, F. C. Orchidaceas. *In*: HOEHNE, F. C. (ed.). **Flora Brasílica**, v. 12, n. 2. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio de São Paulo, p. 1-389, 1945.
- HOEHNE, F. C. **Iconografia das Orchidaceas do Brasil**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1949.
- HOEHNE, F. C. Orchidaceas. *In*: HOEHNE, F. C. (ed.). **Flora Brasílica**, v. 12, n. 7. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio de São Paulo, p. 1-397, 1953.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.
- LEONI, L. S. Catálogo preliminar das fanerógamas ocorrentes no Parque Nacional do Caparaó, Minas Gerais. **Pabstia**, v. 8, n. 2, p. 1-28, 1997.
- MAURY, C. M.; RAMOS, A. E.; OLIVEIRA, P. E. Levantamento florístico da estação ecológica de Águas Emendadas. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 1, p. 46-67, 1994.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora Vascular do Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado ecologia e flora**. v. 2. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 1279, 2008.
- MENEZES, L. C. **Orquídeas / orchids genus *Cyrtopodium*: espécies brasileiras, brazilian species**. Brasília: Ed. IBAMA, 2000.
- MENINI NETO, L.; ALVES, R. J. V.; BARROS, F.; FORZZA, R. C. Orchidaceae do Parque Estadual de Ibitipoca, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 21, n. 3, p. 687-696, 2007.
- MONTEIRO, S. H. N. **Revisão taxonômica e filogenia do gênero *Galeandra* Lindl. (Orchidaceae: Catasetinae)**. Tese Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2007.
- MORI, S. A.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Itabuna: Centro de Pesquisas do Cacau, 1985.

- MUNHOZ, C. B. R.; PROENÇA, C. E. B. Composição florística do município de Alto Paraíso de Goiás na Chapada dos Veadeiros. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 3, p. 102-150, 1998.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.
- PABST, J. F. G.; DUNGS, F. **Orchidaceae Brasilienses**. v. 1. Hildesheim, Kurt Schmiersow, 1975.
- PABST, J. F. G.; DUNGS, F. **Orchidaceae Brasilienses**. v. 2. Hildesheim, Kurt Schmiersow, 1977.
- PANSARIN, E. R. **Sistemática filogenética e biologia floral de Pogoniinae sul-americanas, e revisão taxonômica e análise das ceras epicuticulares do gênero *Cleistes* Rich. ex Lindl. (Orchidaceae)**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- PEDRALLI, G.; FREITAS, V. L. O.; MEYER, S. T.; TEIXEIRA, M. C. B.; GONÇALVES, A. P. S. Levantamento florístico na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 11, n. 2, p. 191-213, 1997.
- PEREIRA, B. A. S.; SILVA, M. A.; CUNHA-DE-MENDONÇA, R. Orchidaceae. *In*: **Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF): lista das plantas vasculares**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 35-36, 1993.
- PROENÇA, C. E. B.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. **Flores e frutos do cerrado: Guia de campo ilustrado baseado na flórmula da reserva particular do patrimônio natural Linda Serra dos Topázios, Cristalina, Goiás, Brasil**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília. 2000.
- PROENÇA, C. E. B.; MUNHOZ, C. B. R.; JORGE, C. L.; NÓBREGA, M. G. G. Listagem e nível de proteção das espécies de fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. *In*: CAVALCANTI, T. B.; RAMOS, A. E. (eds.). **Flora do Distrito Federal**. v. 1. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 89-359, 2001.
- RODRIGUES, J. B. **Genera et Species Orchidearum Novarum**. v. 1, Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1877.
- RODRIGUES, J. B. **Genera et Species Orchidearum Novarum**. v. 2. Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1882.
- RIZZO, J. A. **Flora do Estado de Goiás: Coleção Rizzo**. Goiânia: Ed. Universidade Federal de Goiás, 35 p., 1981.

- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 114-138, 2008.
- SPRUNGER, S. **João Barbosa Rodrigues – Iconographie des orchidées du Brésil**. v. 1, The illustrations. Basle, Friedrich Reinhardt Verlag, 1996.
- TOSCANO-DE-BRITO, A. L. V. Orchidaceae. *In*: STANNARD, B. L. (ed.). **Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina - Bahia, Brazil**. Kew, Royal Botanic Gardens, p. 725-767, 1995.
- TOSCANO-DE-BRITO, A. L. V.; CRIBB, P. **Orquídeas da Chapada Diamantina**. São Paulo: Nova Fronteira, 2005.
- WALTER, B. M. T.; SAMPAIO, A. B. **A vegetação da Fazenda Sucupira**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1998.
- WARMING, E. **Lagoa Santa: Et Bidrag til den biologiske Plantegeografi**. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr., Raekke, naturvidensk. Og math. Afd 6(3). Kjøbenhavn, Bianco Lunos Kgl. Hof-Bogtrykkeri, 1892.
- ZAPPI, D. C.; LUCAS, E.; STANNARD, B. L.; LUGHADHA, E. N.; PIRANI, J. R.; QUEIROZ, L. P.; ATKINS, S.; HIND, D. J. N.; GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; CARVALHO, A. M. Lista das plantas vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade São Paulo**, v. 21, n. 2, p. 345-398, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cyrtopodium eugenii Rchb. f. & Warm. possui ampla distribuição no território brasileiro, com ocorrência concentrada na região Centro-Oeste do país. No Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), *C. eugenii* foi observado principalmente em solos pedregosos nas formações rupestres, florescendo entre os meses de maio e setembro, durante a estação seca. As inflorescências de *C. eugenii* chegam a possuir mais de cinquenta flores que abrem sucessivamente e permanecem abertas por até vinte dias. As flores de *C. eugenii* são amarelo-pálidas com máculas castanhas, porém o labelo é amarelo-vivo, destacando-se na paisagem seca do Cerrado.

A única espécie encontrada neste estudo como polinizador de *C. eugenii* foi *Centris (Trachina) fuscata*. *Cyrtopodium eugenii* não oferece recompensa floral ao polinizador, mas seu labelo parece mimetizar *Tetrapteryx ramiflora* A. Juss. uma espécie da família Malpighiaceae de flor amarela, produtora de óleo. Por *C. eugenii* possuir distribuição ampla, é possível que em outras localidades, que não o PESCAN, a espécie ou as espécies-modelo sejam outras, o que futuros estudos podem ajudar a elucidar.

Assim como em outras espécies sem recompensa (NEILAND & WILCOCK, 1998), *C. eugenii* recebe poucas visitas de seu polinizador, e por isso, produz pequena quantidade de frutos em seu hábitat natural. *Cyrtopodium eugenii* é auto-compatível, porém, durante as observações realizadas, não foram gerados frutos por auto-polinização espontânea, assim como por agamospermia. A produção de frutos no PESCAN foi muito semelhante àquela constatada por Nunes (2008) na Serra Dourada, nos diferentes tratamentos.

As inflorescências e flores de *C. eugenii* sofrem constante herbivoria em seu hábitat natural. A quantificação da herbivoria floral ou florivoria mostrou que 55,20% das flores não sofreram herbivoria enquanto 15,45% foram inutilizadas pelo consumo das estruturas sexuais. Foram encontradas mais flores com herbivoria no labelo (20,50%) do que com herbivoria em outros verticilos (18,92%). Estudos demonstraram que em áreas mais antropizadas, as espécies estão mais sujeitas à ação de herbívoros (e.g. MALO et al. 2001). O alto nível de herbivoria sofrido por *C. eugenii* na área do PESCAN, podem indicar que o parque sofre com distúrbios antrópicos como a visitação e a proximidade de fazendas e das cidades. Porém, em observações realizadas em outras localidades do Estado de Goiás e em outras espécies do gênero *Cyrtopodium*, a herbivoria floral parece ser algo comum, indicando que o alto nível de florivoria encontrado em *C. eugenii* no PESCAN, deve ser algo normal no gênero.

As flores com herbivoria da coluna ou do ovário sofrem os efeitos diretos da florivoria, pois há consumo de gametas masculinos e/ou femininos. Já os efeitos indiretos da florivoria (redução da atratividade e/ou eficiência do polinizador) foram significativos apenas quando a herbivoria for aplicada ao labelo. Flores com parte do labelo consumido tiveram grande redução nos sucessos masculino e feminino. Quando a herbivoria aconteceu nos outros verticilos não houve diferenças significativas no sucesso reprodutivo. O labelo, que serve como pista de pouso para o polinizador e também para atração do mesmo, é uma estrutura fundamental para a reprodução de *C. eugenii*. Os outros verticilos, por outro lado, mostraram-se tolerantes à herbivoria, e por isso, devem ter, quando consumidos, função ligada à diminuição da pressão de herbivoria sobre o labelo e as estruturas sexuais de *C. eugenii*.

Estudos sobre interações interespecíficas com vários níveis como este de *C. eugenii*, incluindo biologia floral e florivoria, são importantes para o melhor entendimento da história natural da espécie, mostrando a importância dela para outras espécies e a importância de outras espécies para ela. Ações de conservação de qualquer uma destas espécies devem levar em conta suas relações interespecíficas para que elas sejam realmente eficientes, assim como outros estudos sobre a ecologia destas espécies devem levar em conta essas interações para conseguir explicar os padrões que serão encontrados.

Além de *C. eugenii*, foram registradas mais 11 espécies de orquídea no PESCAN. O gênero mais representativo foi *Habenaria* (três spp.), seguido por *Cleistis* e *Galeandra* (duas spp.), *Catasetum*, *Cyrtopodium*, *Koellensteinia*, *Oeceoclades* e *Polystachya* (uma sp.). As fitofisnomias com o maior número de espécies foram o campo rupestre e a mata de galeria. O hábito mais comum entre as espécies foi o terrestre. A época de floração predominante foi a estação chuvosa, com apenas uma espécie (*C. eugenii*) florescendo na época seca. Apenas duas espécies são comuns na área do parque, *C. eugenii* e *Koellensteinia tricolor* (Lindl.) Rchb. f.

Apesar de o PESCAN ser uma unidade de conservação, as espécies de orquídeas lá presentes ainda estão sujeitas a ações antrópicas como as queimadas criminosas. Sabe-se que as queimadas são comuns e naturais no Bioma Cerrado, porém as de ação criminosa são prejudiciais por ocorrerem em maior frequência e muitas vezes em épocas diferentes do que as naturais. As visitas que são abertas para as pessoas em geral são bem controladas e as áreas do parque mais sensíveis só são liberadas para pesquisadores o que ajuda bastante na conservação das espécies.

Todas as espécies de orquídeas encontradas possuem distribuição ampla e nenhuma delas é nova ocorrência para Goiás, porém, todas as espécies encontradas férteis durante o

estudo são consideradas como novas ocorrências para o PESCAN, o que demonstra o quanto o estado ainda carece de trabalhos florísticos como este.

BIBLIOGRAFIA GERAL

- ACKERMAN, J. D. Euglossine bee pollination of the orchid, *Cochleanthes lipscombiae*: a food source mimic. **American Journal of Botany**, v. 70, n. 6, p. 830-834, 1983.
- ANDERSON, B.; JOHNSON, S. D.; CARBUTT, C. Exploitation of a specialized mutualism by a deceptive orchid. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 8, p. 1342–1349, 2005.
- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399-436, 2003.
- ATWOOD, J. T. The size of the Orchidaceae and the systematic distribution of epiphytic orchids. **Selbyana**, v. 9, p. 171-186, 1986.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Pollinator attraction in a sexually deceptive orchid by means of unconventional chemicals. **Proceedings: Biological Sciences**, v. 270, n. 1514, p. 517-522, 2003.
- AYASSE, M.; SCHIESTL, F. P.; PAULUS, H. F.; LÖFSTEDT, C.; HANSSON, B.; IBARRA, F.; FRANCKE, W. Evolution of reproductive strategies in the sexually deceptive orchid *Ophrys sphegodes*: how does flower-specific variation of odor signals influence reproductive success? **Evolution**, v. 54, n. 6. p. 1995-2006, 2000.
- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B. Lista atualizada das Orchidaceae do Distrito Federal. **Acta Botânica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 183-201, 2003.
- BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. de B.; PELLIZZARO, K. F. Orchidaceae da Reserva Ecológica do Guará, DF, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 221-232, 2005.
- BIANCHETTI, L. de B.; BATISTA, J. A. N.; PELLIZZARO, K. F.; AUGUSTO, M. M. Família Orchidaceae na APA de Cafuringa. *In*: NETTO, P. B.; MECENAS, V. V.; CARDOSO, E. S. (eds.). **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e recursos hídricos, p. 153-163, 2005.
- BIERZYCHUDEK, P. *Asclepias*, *Lantana*, and *Epidendrum*: A Floral Mimicry Complex? **Biotropica**, v. 13, n. 2, Supplement: Reproductive Botany, p. 54-58, 1981.
- CHASE, M. W.; HILLS, H. G. Orchid phylogeny, flower sexuality, and fragrance-seeking – Evidence from variation in chloroplast DNA among subtribes Catasetinae and Cyrtopodiinae. **BioScience**, v. 42, p. 43-49, 1992.
- COZZOLINO, S.; WIDMER, A. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception?

- TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 9, p. 487-494, 2005.
- DAFNI, A. Pollination of *Orchis caspia*--a nectarless plant which deceives the pollinators of nectariferous species from other plant families. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 2, p. 467-474, 1983.
- DIAS, B. F. D. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis**, p. 7-8, 1992.
- DRESSLER, R. L. **Phylogeny and Classification of the Orchid Family**. Portland: Dioscorides Press, 314 p., 1993.
- FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B. A. S. Flora do Distrito Federal: Orchidaceae. In: PINTO, M. N. (Org.), **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed., Brasília: UnB / SEMATEC, p. 391-393, 1994.
- JOHNSON, S. D. Batesian mimicry in the non-rewarding orchid *Disa pulchra*, and its consequences for pollinator behaviour. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 71, p. 119-132, 2000.
- JUILLET, N.; GONZALEZ, M. A.; PAGE, P. A.; GIGORD, L. D. B. Pollination of the European food-deceptive *Traunsteinera globosa* (Orchidaceae): the importance of nectar-producing neighbouring. **Plant Systematics and Evolution**, v. 265, p. 123-129, 2007.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.
- KRUPNICK, G. A.; WEIS, A. E.; CAMPBELL, D. R. The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. **Ecology**, v. 80, n. 1, p. 135-149, 1999.
- KRUPNICK, G. A.; WEIS, A. E.; CAMPBELL, D. R. The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*. **Ecology**, v. 80, n. 1, p. 125-134, 1999.
- LEAVITT, H.; ROBERTSON, I. Petal herbivory by chrysomelid beetles (*Phyllotreta* sp.) is detrimental to pollination and seed production in *Lepidium papilliferum* (Brassicaceae) **Ecological Entomology**, v. 31, p. 657-660, 2006.
- LI, P.; LUO, Y. B.; BERNHARDT, P.; YANG, X. Q.; KOU, Y. Deceptive pollination of the Lady's Slipper *Cypripedium tibeticum* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 262, p. 53-63, 2006.
- MALO, J. E.; LEIRANA-ALCOCER, J.; PARRA-TABLA, V. Population fragmentation, florivory, and the effects of flower morphology alterations on the pollination success of *Myrmecophila tibicinis* (Orchidaceae). **Biotropica**, v. 33, n. 3, p. 529-534, 2001.

- MANT, J.; PEAKALL, R.; WESTON, P. H. Specific pollinator attraction and the diversification of sexually deceptive *Chiloglottis* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 253, p. 185–200, 2005.
- MCCALL, A. C. Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. **Oecologia**, v. 155, p. 729-737, 2008.
- MCCALL, A. C.; IRWIN, R. E. Florivory: the intersection of pollination and herbivory. **Ecology Letters**, v. 9, p. 1351-1365, 2006.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora Vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado ecologia e flora**. v. 2. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 1279, 2008.
- MOTHERSHEAD, K.; MARQUIS, R. J. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. **Ecology**, v. 81, n. 1, p. 30-40, 2000.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.
- NEILAND, M. R. M.; WILCOCK, C. C. Fruit set, nectar reward, and rarity in the Orchidaceae. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 12. p. 1657-1671, 1998.
- NUNES, C. M. C. **Fenologia, biologia floral e germinação in vitro de *Cyrtopodium eugenii* Rchb. f. (Orchidaceae)**. Tese Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2009.
- PANSARIN, L. M.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Reproductive biology of *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae): a Cyrtopodiinae pollinated by deceit. **Plant Biology**, v. 10, p. 650-659, 2008.
- PEAKALL, R. Responses of male *Zaspilothynnus trilobatus* Turner wasps to females and the sexually deceptive orchid it pollinates. **Functional Ecology**, v. 4, n. 2. p. 159-167, 1990.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Pollinators discriminate among floral heights of a sexually deceptive orchid: implications for selection. **Evolution**, v. 47, n. 6, p. 1681-1687, 1993.
- PEAKALL, R.; BEATTIE, A. J. Ecological and genetic consequences of pollination by sexual deception in the orchid *Caladenia tentaculata*. **Evolution**, v. 50, n. 6, p. 2207-2220, 1996.

- PEAKALL, R.; HANDEL, S. N. Pollinators Discriminate among Floral Heights of a Sexually Deceptive Orchid: Implications for Selection. **Evolution**, v. 47, n. 6., pp. 1681-1687. 1993.
- PRIDGEON, A. M., CRIBB, P., CHASE, M.; RASMUSSEN, F. N. **Genera Orchidacearum**. V. 1. General Introduction, Apostasioideae, Cyripedioideae. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- PRIDGEON, A. M., CRIBB, P., CHASE, M.; RASMUSSEN, F. N. **Genera Orchidacearum**. V. 2. Orchidoideae (Part. 1). Oxford: Oxford University Press, 2001.
- PRIDGEON, A. M., CRIBB, P., CHASE, M.; RASMUSSEN, F. N. **Genera Orchidacearum**. V. 3. Orchidoideae (Part. 2), Vanilloideae. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- PRIDGEON, A. M., CRIBB, P., CHASE, M.; RASMUSSEN, F. N. **Genera Orchidacearum**. V. 4. Epidendroideae (Part. 1). Oxford: Oxford University Press, 2005.
- RIZZO, J. A. **Flora do Estado de Goiás: Coleção Rizzo**. Goiânia: Ed. Universidade Federal de Goiás, 35 p., 1981.
- ROMERO-GONZÁLEZ, G. A.; BATISTA, J. A. N.; BIANCHETTI, L. B. A synopsis of the genus *Cyrtopodium* (Catasetinae: Orchidaceae). **Harvard Papers in Botany**, v. 13, n. 1, p. 189-206, 2008.
- SIMPSON, B. B.; NEFF, J. L. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 68, n. 2, p. 301-322, 1981.
- SOLIVA, M.; WIDMER, A. Gene flow across species boundaries in sympatric, sexually deceptive *Ophrys* (orchidaceae) species. **Evolution**, v. 57, n. 10, p. 2252-2261, 2003.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 114-138, 2008.
- SPAETHE, J.; MOSER, W. H.; PAULUS, H. F. Increase of pollinator attraction by means of a visual signal in the sexually deceptive orchid, *Ophrys heldreichii* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 264, p. 31-40, 2007.
- STEINER, K. E.; WHITEHEAD, V. B.; JOHNSON, S. D. Floral and pollinator divergence in two sexually deceptive south african orchids. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 2, p. 185-194, 1994.
- STRAUSS, S. Y. Floral characters link herbivores, pollinators and plant fitness. **Ecology**, v. 78, n. 6, p. 1640-1645, 1997.
- SUGIURA, N.; GOUBARA, M.; KITAMURA, K.; INOUE, K. Bumblebee pollination of *Cyripedium macranthos* var. *rebunense* (Orchidaceae); a possible case of floral

mimicry of *Pedicularis schistostegia* (Orobanchaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 235, p. 189-195, 2002.

VAN DER CINGEL, N. A. **An atlas of orchid pollination: America, Africa, Asia and Australia**. Netherlands: A.A. Balkema, 2001.

VAN DER PIJL, L.; DODSON, C. H. **Orchid flowers: their pollination and evolution**. Florida: Coral Gables, University of Miami, 1966.