

LUCIMAR BARBOSA DA MOTTA

ASPECTOS QUÍMICOS E MOLECULARES  
LIGADOS À FILOGENIA DE *CAMAREA*  
(MALPIGHIACEAE)

São Paulo  
2007



LUCIMAR BARBOSA DA MOTTA

ASPECTOS QUÍMICOS E MOLECULARES  
LIGADOS À FILOGENIA DE CAMAREA  
(MALPIGHIACEAE)

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luiza Faria Salatino

Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São  
Paulo, para a obtenção de Título de  
Doutor em Ciências, na Área de  
Botânica.

São Paulo

2007



**INTRODUÇÃO**  
**Aspectos Gerais de *Camarea***

*Camarea affinis*

## INTRODUÇÃO

Malpighiaceae consiste aproximadamente de 71 gêneros e 1250 espécies, nativas de regiões tropicais e subtropicais do Velho e Novo Mundos, sendo especialmente bem representada na América do Sul. Os componentes dessa família apresentam grande variedade de hábitos, com espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, além de lianas. Os gêneros com frutos carnosos são, em geral, arbóreos ou arbustivos, enquanto aqueles com frutos esquizocárpicos, que se separam em samarídeos, são geralmente lianas (Mamede, 1990a).

*Camarea* Saint-Hilaire (Malpighiaceae) constitui, juntamente com *Gaudichaudia*, *Aspicarpa*, *Janusia* e *Peregrina*, um grupo bastante uniforme no que diz respeito aos caracteres do androceu e do gineceu. Todos esses gêneros apresentam redução de elementos do androceu (5 ou 6, sendo 10 o número de estames na família), seja por redução no número de estames ou transformação de alguns em estaminódios. Em *Camarea* ocorrem quatro estames e dois estaminódios; em *Peregrina* e *Aspicarpa* ocorrem cinco estames; e *Janusia* apresenta, em geral, cinco ou seis estames, podendo ocorrer ainda estaminódios. Todas as espécies desses gêneros apresentam ovário tricarpelar e trilocular, porém um único estilete ginobásico. Os frutos são do tipo samarídeo esquizocárpico, com variações na posição e na forma das alas. O hábito é também variável, ocorrendo desde ervas (*Camarea*, *Aspicarpa*, *Peregrina*) a lianas (*Janusia*, *Gaudichaudia*).

Na sinopse das Malpighiaceae, Jussieu (1840) reconheceu o grupo *Gaudichaudieae*, incluindo *Fimbriaria*, posteriormente sinonimizado em *Schwannia* (Jussieu, 1843). Anderson (1992) considerou *Schwannia* um homônimo posterior de *Janusia*, e reconheceu *Gaudichaudieae* como um táxon

natural, acrescentando a ela o gênero *Peregrina* (Anderson, 1985). Esse agrupamento tem sido aceito por Mamede (1990a).

Segundo Mamede (1990a), *Camarea* compreende sete espécies e um provável híbrido: *C. affinis* St.-Hil., *C. axillaris* St.-Hil., *C. elongata* Mamede, *C. ericoides* St.-Hil., *C. hirsuta* St.-Hil., *C. linearifolia* St.-Hil., *C. sericea* St.-Hil. e *C. affinis* X *C. hirsuta*. Recentemente foi descrita uma nova espécie, *C. humifusa* W. Anderson (Anderson, 1993). Na Figura 1 pode-se observar aspectos gerais de algumas espécies de *Camarea*.

Mamede (1990b) propõe a formação de um híbrido (*C. affinis* x *C. hirsuta*) a partir de uma possível hibridação entre *C. affinis* e *C. hirsuta*.

O gênero é constituído de espécies subarborescentes, com sistema subterrâneo do tipo xilopódio ou rizoma, com folhas simples, inteiras, oposto-cruzadas, subopostas ou 3-4 verticiladas, pilosas ou glabras. As flores podem ser casmógamas, amarelas e vistosas, ou cleistógamas, e nesse caso muito reduzidas e localizadas na axila das folhas basais. Os frutos são samarídeos esquizocárpicos, com ala dorsal reduzida, ou muricados (Mamede, 1990a).

*Camarea* ocorre exclusivamente na América do Sul, especialmente no Brasil entre as coordenadas 10°-23°S e 40°-60°W, com espécies distribuídas, portanto, nos trópicos e subtropicais. Sua distribuição geográfica permite reconhecer três padrões diferentes: espécies com distribuição disjunta, entre o Centro e Sudeste do Brasil e Guiana, espécies com distribuição ampla em cerrados e campos rupestres do Brasil, e espécies estritamente endêmicas (Mamede, 1990a). Segundo Mamede & Mayo (1991), o padrão de distribuição disjunta de *Camarea affinis* entre as savanas das Guianas e o Planalto brasileiro é semelhante aos observados por outros autores para gêneros de diversas famílias (Giulietti & Pirani, 1988). Esse tipo de distribuição poderia ser explicado pela proposta de Ab'Saber (1982, *apud* Mamede, 1990a), na qual

o Quaternário caracterizou-se por uma grande instabilidade climática provocada por alternâncias sucessivas de períodos glaciais e interglaciais. Durante o principal período glacial, o cinturão climático tropical árido expandiu-se sobre grande parte da América do Sul, alterando o regime de chuvas principalmente na região amazônica. Durante esses períodos mais secos, formações vegetais abertas (campo, cerrado, caatinga) penetraram na região amazônica como áreas bastante extensas ou cinturões, que permitiram a conexão das vegetações abertas do Planalto Central Brasileiro com as vegetações da Venezuela e da Guiana. Segundo Mamede (1990a), a ocorrência de uma única coleta de *C. affinis* na savana da Guiana, e da maioria dos indivíduos dessa espécie apresentar distribuição concentrada no Planalto Central Brasileiro, sugere ainda que a espécie pode estar praticamente extinta na Guiana.

Segundo Mamede (1990a), alguns padrões de distribuição podem ser observados em *Camarea*:

a) espécies que ocupam amplas áreas de cerrado: *C. ericoides* com distribuição contínua e *C. linearifolia* com distribuição disjunta entre Minas Gerais e Goiás;

b) espécie de campos rupestres com distribuição disjunta nas serras da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia): *C. axillaris*;

c) espécie de campos rupestres e cerrados com distribuição disjunta entre as serras da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais e a Serra Geral (Góias): *C. hirsuta*;

d) espécie de campo rupestre, endêmica do Morro do Chapéu: *C. elongata*;

e) espécie restrita aos cerrados de Goiás: *C. sericea*;

O provável híbrido *C. affinis* X *C. hirsuta*, apresenta distribuição nos cerrados e campos rupestres de Goiás e Distrito Federal, com uma única ocorrência no Mato Grosso do Sul (Mamede, 1990b).

*C. humifusa* descrita em 1993 por W. Anderson como uma nova espécie, foi coletada apenas em Goiás numa região caracterizada por campos de altitude.

As espécies de *Camarea* apresentam características típicas de plantas de cerrado e campos rupestres, sendo o Planalto Central Brasileiro o centro de diversidade genética do gênero, uma vez que nessa região ocorrem seis de suas nove espécies (Mamede, 1990a).

A análise cladística de *Camarea* (Mamede & Mayo, 1991) baseada em 23 caracteres morfológicos do grupo, sugere que o gênero é monofilético.

O objetivo geral deste trabalho é a reconstrução da filogenia de *Camarea*, através de uma combinação de dados químicos, através da composição flavonoídica e perfil de *n*-alcanos das ceras epicuticulares, e dados moleculares, através de seqüências de DNA e dados de fragmentos de restrição pela técnica de AFLP.

O trabalho aqui exposto será constituído por quatro capítulos, nos quais serão abordados os dados mais recentes da literatura, a metodologia utilizada, os resultados das análises, e sua discussão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ANDERSON, W.A. 1985. *Peregrina*, a new genus of Malpighiaceae from Brazil and Paraguay. *Systematic Botany* 10(3): 303-307.
- ANDERSON, W.A. 1992. Notes on neotropical Malpighiaceae - I. *Contributions to the University of Michigan Herbarium* 15: 93-136.
- ANDERSON, W.A. 1993. Notes on neotropical Malpighiaceae - IV. *Contributions to the University of Michigan Herbarium* 19: 355-392.
- GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaco range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In : *Proceedings of a Workshop on neotropical distribution patterns* (Vanzolini, P.E. & Heyer, W.R. ed.). Rio de Janeiro.
- JUSSIEU, A. de. 1840. Malpighiacearum synopsis, monographie mox edendae prodromus. *Ann. Sci. Nat. Bot. (Sér. 2)* 13: 247-291, 321-338.
- JUSSIEU, A. de. 1843. Monographie de la famille des Malpighiacées. *Arch. Mus. Hist. Nat.* 3: 5-151, 255-616, pl. 1-23.
- MAMEDE, M.C.H. 1990 (a). Revisão do gênero *Camarea* Saint-Hilaire (Malpighiaceae). *Hoehnea*. 17: 1-34.
- MAMEDE, M.C.H. 1990 (b). Observações sobre a ocorrência de prováveis híbridos entre *Camarea affinis* e *Camarea hirsuta* St.-Hil. (Malpighiaceae). *Hoehnea*. 17: 35-46.
- MAMEDE, M.C.H. & MAYO S.J. 1991. A cladistic analysis of the genus *Camarea* (Malpighiaceae). *Kew bulletin* 47: 491-501.



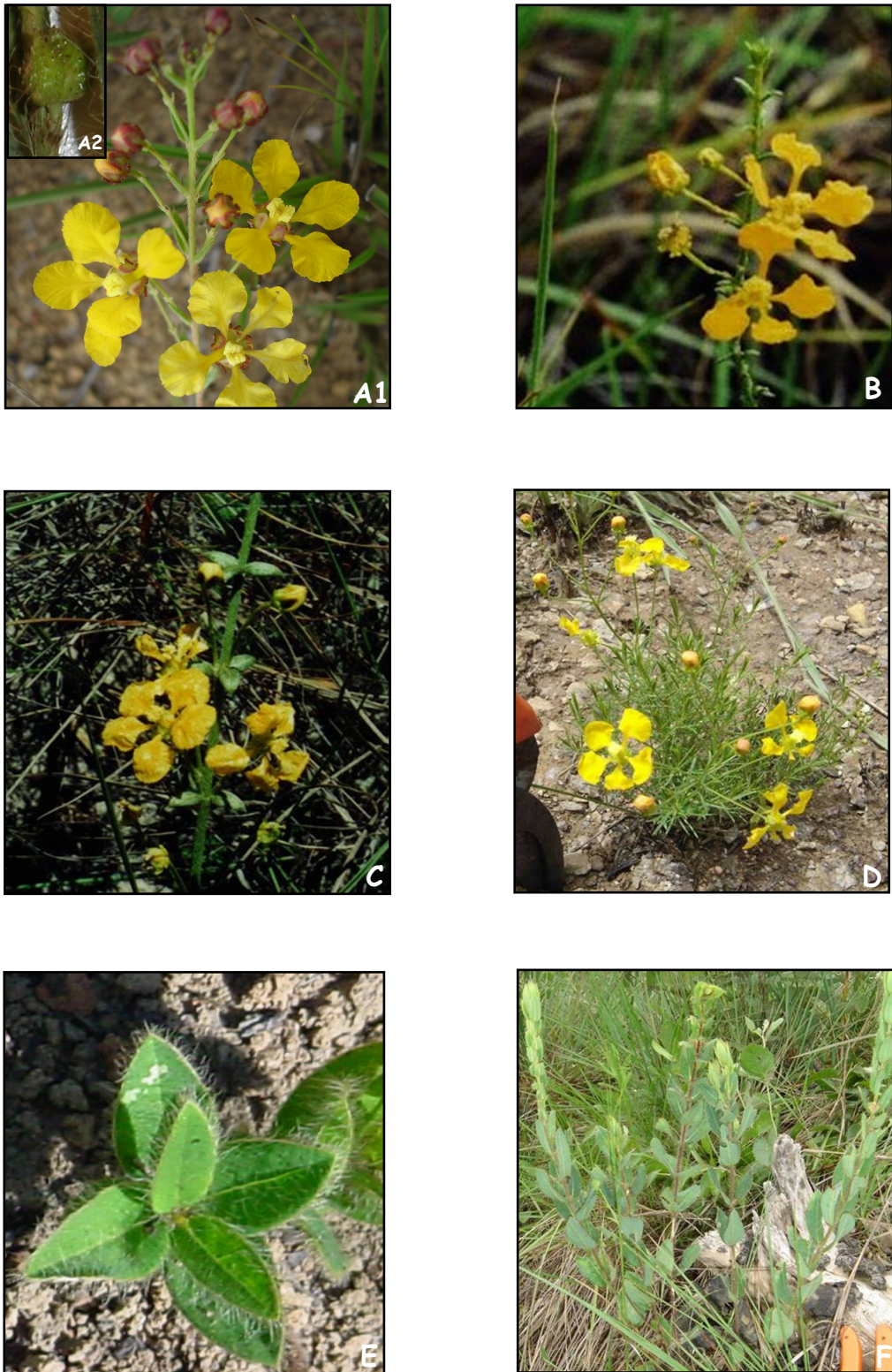
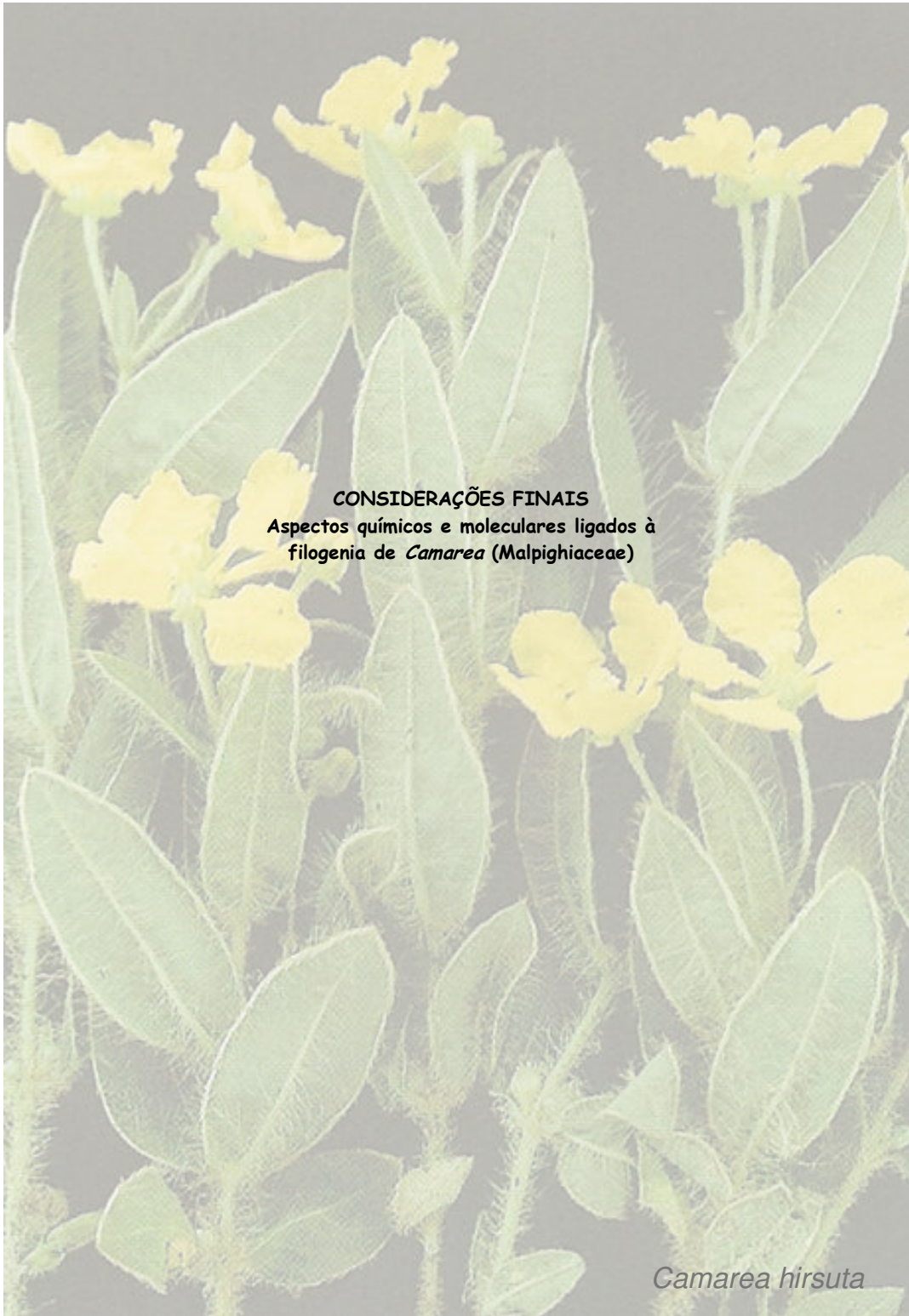


Figura 1. A - *Camarea affinis* St.-Hil., A1- Detalhe da inflorescência, A2 Detalhe de um fruto; B - Detalhe da inflorescência de *C. axillaris* St.-Hil., C - Detalhe da inflorescência de *C. elongata* Mamede, D - Hábito de *C. ericoides* St.-Hil., E - Detalhe de um ramo de *C. hirsuta* St.-Hil., e F - Hábito de *C. affinis* X *C. hirsuta*.



**CONSIDERAÇÕES FINAIS**  
Aspectos químicos e moleculares ligados à  
filogenia de *Camarea* (Malpighiaceae)

*Camarea hirsuta*

## Considerações Finais

A análise combinada de diversos tipos de caracteres, tais como morfológicos, moleculares, químicos e anatômicos, entre outros, é um dos grandes objetivos atuais da taxonomia.

Sendo *Camarea* um gênero com relativamente poucas espécies, constitui um grupo favorável para o estudo integrado de caracteres químicos e moleculares. Um dos objetivos deste trabalho foi o de avaliar a contribuição taxonômica das informações químicas e moleculares de forma combinada, uma vez que esses caracteres ainda não haviam sido estudados.

Construiu-se uma matriz combinando os dados obtidos pelas análises moleculares e químicas. Combinou-se, inicialmente, as seqüências correspondentes a três regiões distintas do DNA (*rps16* e *trnL-F* - regiões plastidiais e *ITS* - região nuclear) com os dados referentes aos fragmentos de restrição obtidos por AFLP. A esses dados moleculares combinou-se os caracteres químicos referentes à presença ou ausência das agliconas de flavonóides (apigenina, luteolina, crisoeriol, campferol e quercetina) e aqueles referentes à presença ou ausência dos homólogos principais de *n*-alcanos ( $C_{29}$ ,  $C_{31}$ ,  $C_{33}$ ). Optou-se por usar esses dados químicos, pois foram eles que apresentaram os melhores índices de similaridades entre as espécies nas análises de agrupamentos.

A matriz foi editada com o auxílio do Excel para transformar os dados químicos em presença ou ausência e, posteriormente, adicionados à matrizes de dados moleculares através do programa PAUP. A matriz combinada foi submetida a uma análise filogenética através do método de parcimônia. Foi realizada uma busca exaustiva e a consistência da monofilia dos ramos no cladograma foi avaliada através da replicação do "índice de bootstrap". Num total de 2671 caracteres analisados, 2320 foram constantes e 164 foram variáveis e informativos. A busca heurística

resultou em uma árvore salva com 467 passos, com índice de consistência de 0,79 e índice de retenção de 0,67 (Fig. 1A).

Uma matriz referente somente aos dados moleculares (seqüenciamento e AFLP) foi analisada paralelamente através do método de parcimônia, com o objetivo de confrontar resultados (químicos e moleculares). No total de 2663 caracteres analisados, 2319 foram constantes e 158 foram variáveis e informativos. A busca heurística resultou em uma árvore salva com 454 passos, com índice de consistência de 0,80 e índice de retenção de 0,67 (Fig. 1B).

A árvore da Figura 1A resultante da combinação de dados moleculares e químicos apresenta uma clara resolução entre as espécies. *Camarea* emerge como grupo monofilético (BS 74), sendo *Janusia*, seu grupo irmão. As espécies de *Camarea* se dividem em dois grandes clados; o primeiro (BS 100) formado por *C. axillaris*, *C. triphylla* (= *C. axillaris*) e *C. elongata*, esta última aparecendo como grupo irmão das outras duas. O outro grande clado com BS 100 se subdivide em um sub-clado formado por *C. humifusa* e *C. sericea* (BS 94) e outro com BS de 83, formado por *C. affinis* e *C. affinis* x *C. hirsuta* (BS 70), tendo *C. hirsuta* como grupo irmão; *C. ericoides* emerge como grupo irmão das espécies desse sub-clado.

A árvore da Figura 1B, resultante da combinação de dados moleculares (seqüenciamento e AFLP), teve uma topologia semelhante à da árvore de evidência total, não havendo, entretanto, uma definição entre *C. affinis*, *C. affinis* x *C. hirsuta*, *C. hirsuta* e *C. ericoides*.

Houve certa coerência em alguns grupos, quando se observa a filogenia morfológica (Mamede & Mayo, 1991) e a filogenia obtida pela combinação de caracteres moleculares e químicos. Por exemplo, *C. axillaris* e *C. elongata* pertenceram a um mesmo clado nas duas abordagens, o mesmo acontecendo com *C. affinis*, *C. affinis* x *C. hirsuta*, *C. hirsuta* (Fig. 1A).

A comparação das duas figuras permite inferir que as sinapomorfias que sustentaram a resolução interna na árvore da Figura 1A correspondem aos dados químicos usados na análise. Vale salientar que *C. affinis*, *C. affinis* x *C. hirsuta* e *C. hirsuta* compartilham a presença de crisoeriol e que *C. affinis* e *C. affinis* x *C. hirsuta* compartilham a presença de crisoeriol + luteolina. Parece, portanto, que as agliconas flavonoídicas tiveram um papel importante na delimitação das espécies de *Camarea*.

Esse fato já havia sido relatado por outros autores. Rodrigues (2004) demonstrou que os flavonóides foram cruciais para resolução interna das espécies de *Allagoptera*. Outras substâncias também apresentam um papel muito importante na evolução de alguns grupos. Vega *et al.* (2002) avaliaram a presença do látex em *Lophanthera* como um caráter de significado evolutivo, sugerindo que um ancestral com esse caráter teria sido compartilhado por Malpighaceae e Euphorbiaceae.

Tanto os dados químicos quanto moleculares confirmaram a monofilia de *Camarea*, como já havia sido observada anteriormente pela filogenia baseada em dados morfológicos (Mamede & Mayo, 1991)..

O seqüenciamento das regiões do DNA (*rps16* e *trnL-F* - regiões plastidiais e *ITS* - região nuclear) não foram suficientes para o estabelecimento de relações filéticas de todas as espécies de *Camarea*. Talvez outras regiões genômicas devessem ser abordadas para um melhor esclarecimento das relações entre as espécies do gênero.

Observou-se, por várias vezes, ao longo deste trabalho, que a química tanto macro quanto micromolecular de *Camarea* varia de acordo com a região onde crescem suas espécies e, portanto, estudos futuros poderiam ser dirigidos, tendo como enfoque principal à biogeografia do gênero.