

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FLHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE *CORDIA
VERBENACEA* DC. PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E
FITOQUÍMICAS**

ILIO MONTANARI JR.

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia – Horticultura.

BOTUCATU – SP

Maio – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FLHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE *CORDIA
VERBENACEA* DC. PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E
FITOQUÍMICAS**

ILIO MONTANARI JR.

Orientador: Prof. Dr. Norberto da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia – Horticultura.

BOTUCATU – SP

Maior – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA

- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Montanari Júnior, Ílio, 1962-

M764v Variabilidade genética em uma população de *Cordia verbenacea* DC. para características agronômicas e

fitoquímicas / Ílio Montanari Júnior. – Botucatu : [s.n.], 2011

vii, 77 f. : gráfs. color., tabs., fots. Color.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Norberto da Silva
Inclui bibliografia.

1. Alfa humuleno. 2. *Cordia verbenacea*. 3. Correlações genéticas. 4. Domesticação. 5. Herdabilidade. 6. Óleo essencial. I. Silva, Norberto da. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

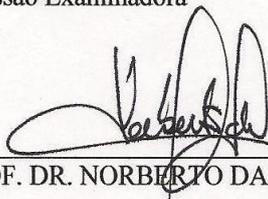
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE Cordia
verbenacea DC. PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E
FITOQUÍMICAS"

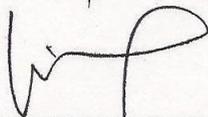
ALUNO: ILIO MONTANARI JÚNIOR

ORIENTADOR: PROF. DR. NORBERTO DA SILVA

Aprovado pela Comissão Examinadora



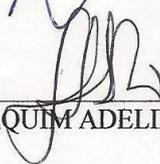
PROF. DR. NORBERTO DA SILVA



PROF. DR. LIN CHAU MING



DR. EDUARDO PAGANI



DR. JOAQUIM ADELINO DE AZEVEDO FILHO



PROF. DR. WALTER JOSÉ SIQUEIRA

Data da Realização: 06 de maio de 2011.

Aos meus pais,
Helena e Ilio (*in memoriam*),
pelo amor, apoio e incentivo
que sempre me dedicaram,
OFEREÇO

À minha mulher Cristiana
e aos meus filhos Miguel e Alice,
meus amores, minha felicidade,
minha sorte na vida,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Norberto da Silva, pelos ensinamentos, disponibilidade e interessantes discussões sobre melhoramento de plantas.

Ao CPQBA-UNICAMP pelo apoio ao meu aperfeiçoamento.

Aos colegas pesquisadores Dr. Pedro Melillo de Magalhães, Dr. Marcos Nopper Alves e Dra. Glyn Mara Figueira, antes amigos que colegas, pelo incentivo à realização deste trabalho.

Aos funcionários do CPQBA-UNICAMP, Biol. Urbano Archângelo Jr., Sidinei Fantini, Wilson Medeiros, Antonio Carlos dos Santos, Alcides Barbosa (*in memoriam*), Pedro Luiz da Silva, José Mariano Filho, Biol. Benício Pereira e Moisés Donizete Ferreira dos Santos, colegas que me ajudaram no feitio das mudas, na instalação, manutenção, colheita do experimento e tomada dos dados.

Ao pesquisador Dr. Adilson Sartoratto, amigo que me ajudou a fazer as análises químicas.

Aos estagiários Aline Cristina Rabonato; Luana Rabonato; Gustavo José da Silva Moreira; Juliana Mengue; Manoela Valejo dos Reis; Juliano Gustavo Pereira; Guilherme P. F. de Souza e Daniel Garcia, pela ajuda em todas as etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Joaquim Adelino de Azevedo Filho, pesquisador, professor e amigo que me ajudou a enxergar melhor através dos números.

Ao Prof. Dr. Walter José Siqueira, pesquisador, professor e amigo que me ajudou a desatar os nós quando meus conhecimentos sobre genética e matemática eram insuficientes.

Ao Prof. Dr. Cristiano Gallep, amigo que me ajudou no feitio dos gráficos.

À Mônica Saddy Martins, pela amizade e versão para o inglês do resumo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Aspectos biológicos.....	9
2.2 Composição Química E Estudos Farmacológicos.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Material.....	16
3.2 Instalação e Condução Experimental.....	17
3.3 Avaliação Experimental.....	19
3.4 Análise Genético Estatística.....	21
3.5 Estimativas Dos Ganhos Por Seleção.....	31
3.6 Estimativas Das Correlações Entre Características.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Estimativas de Parâmetros Genéticos entre Progênes em Diferentes Colheitas.....	40
4.2 Estimativas de Parâmetros Genéticos entre e dentro de Progênes na Terceira Colheita.....	45
4.3 Estimativas de Parâmetros Genéticos entre Progênes com Base em Três Colheitas.....	46
4.4. Ganhos Esperados por Seleção.....	54
4.5. Correlações.....	63
5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Classificação climática segundo Koeppen, altitude e localização do experimento.....	18
TABELA 2. Esquema da análise de variância a nível de média de progênes segundo o delineamento de blocos completos ao acaso.....	23
TABELA 3. Esquema de análise de variância, segundo o delineamento de blocos completos ao acaso, sendo tomados dados das plantas individuais dentro da parcela.....	24
TABELA 4. Esquema de análise de variância para plantas perenes, segundo o delineamento de blocos completos ao acaso, considerando a interação colheita x família.....	26
Tabela 5: Esquema das análises de variância para as características x, y e x + y, obtidas na avaliação de 37 progênes de meios irmãos de <i>Cordia verbenacea</i>	36
TABELA 6 Médias, quadrados médios da análise de variância, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à primeira colheita de 37 progênes de meios irmãos de erva baleeira (<i>Cordia verbenacea</i>).....	41

TABELA 7 Médias, quadrados médios da análise de variância, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à segunda colheita de 37 progênes de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*).....42

TABELA 8 Médias, quadrados médios da análise de variância, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à terceira colheita de 37 progênes de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*).....44

TABELA 9 Médias, quadrados médios da análise de variância, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à terceira colheita de 37 progênes de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*), considerando indivíduos dentro da parcela.....46

TABELA 10 Médias, quadrados médios da análise de variância, coeficientes de variação experimental e estimativas de herdabilidade das características, considerando três colheitas de erva baleeira (*Cordia verbenacea*).....47

TABELA 11 Médias das características avaliadas nas três colheitas de erva baleeira (*Cordia verbenacea*).....49

TABELA 12 Médias de características avaliadas em progênes de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*) em três colheitas.....52

TABELA 13 Ganhos por seleção (g/planta e %) entre progênes considerando cada colheita e as três colheitas.....55

TABELA 14 Estimativas de herdabilidade no sentido restrito (h^2) a nível de progênies para diferentes características e colheitas.....58

TABELA 15 Ganhos estimados por seleção (g/planta e %) entre e dentro de progênies na terceira colheita.....60

TABELA 16 Herdabilidades estimadas de características segundo os métodos de seleção recorrente entre progênies de meios irmãos, dentro de progênies de meios irmãos, massal e massal estratificada para intensidade de seleção de 20%.....61

TABELA 17 Ganhos estimados de seleção de características para os métodos de seleção recorrente entre progênies de meios irmãos, dentro de progênies de meios irmãos, massal e massal estratificada, na terceira colheita.....62

TABELA 18 Correlações fenotípicas entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.....64

TABELA 19 Correlações genéticas entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.....65

TABELA 20 Correlações ambientais entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.....67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Óleo de erva baleeira de cor azul.....	45
FIGURA 2 Distribuição da característica massa da parte aérea fresca (MPAF), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 3 Distribuição da característica massa de folhas secas (MFS), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 4 Distribuição da característica massa de galhos secos (MGS), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 5 Distribuição da característica índice de colheita (IC), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 6 Distribuição da característica porcentagem de óleo essencial (%OE), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 7 Distribuição da característica massa de óleo essencial (MOE), na média de três colheitas.....	51
FIGURA 9 Aspecto da erva baleeira (<i>Cordia verbenacea</i>) com frutos e flores.....	65
FIGURA 10 Aspecto da inflorescência de erva baleeira.....	76
FIGURA 11 Colheita do experimento.....	77
FIGURA 12 Tomada de dados do experimento.....	77
FIGURA 13 Destilação do óleo essencial e preparação das amostras para análise.....	77

RESUMO

Este trabalho avaliou agronômica e quimicamente 37 progênies de meios irmãos de *Cordia verbenacea* DC., espécie nativa de importância medicinal por causa de sua ação antiinflamatória. O objetivo desta pesquisa foi o de identificar progênies e indivíduos de *C. verbenacea* com boas características agrícolas e químicas, iniciando assim o processo de domesticação da espécie, visando promover seu cultivo, de modo a oferecer uma nova opção agrícola aos produtores rurais, contribuindo para a preservação da espécie e para utilização dos seus benefícios terapêuticos. Através de um ensaio agrícola em blocos casualizados, com 4 repetições, foram avaliadas o comportamento de progênies de meios irmãos em três colheitas. As características analisadas foram: a produção de biomassa verde, de folhas secas, o índice de colheita, a produção de óleo essencial e a produção de alfa humuleno. A partir dos dados obtidos foi estimada a variabilidade disponível para o melhoramento, a herdabilidade das características analisadas, o progresso esperado com a seleção, a eficiência do método de seleção empregado e as correlações genéticas, ambientais e fenotípicas entre as características

analisadas. Concluiu-se que as progênies possuíam ampla variação genética e que esta variação poderia ser explorada para fins de melhoramento. As herdabilidades calculadas para massa de folhas secas, porcentagem de óleo essencial e massa de óleo essencial foram de 0,52, 0,69 e 0,78 respectivamente, considerando-se as três colheitas. Calculando-se os ganhos por seleção, concluiu-se que podem ser esperados ganhos expressivos selecionando-se as melhores plantas dentro das melhores progênies. O método de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos empregado neste trabalho mostrou-se significativamente mais eficiente que os métodos de seleção entre progênies, massal e massal estratificada. O estudo das correlações mostra que a produção de óleo e de alfa humuleno estão altamente correlacionadas com a produção de biomassa, indicando que pode ser praticada a seleção indireta, o que facilita o processo. Das 37 progênies analisadas, 22 apresentaram óleo essencial com tonalidades da cor azul em pelo menos uma repetição no campo. As 15 progênies restantes apresentaram óleo essencial com tonalidades da cor amarela.

Palavras chave: *Cordia verbenacea*, domesticação, melhoramento, correlações genéticas, herdabilidade, óleo essencial, alfa humuleno

SELECTION BETWEEN AND WITHIN HALF-SIB FAMILIES IN A *CORDIA VERBENACEA* DC POPULATION.

Botucatu, 2011. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Ilio Montanari Jr.

Adviser: Prof. Dr. Norberto da Silva

SUMMARY

This dissertation evaluated agronomically and chemically 37 progenies of half-sib families of *Cordia verbenacea* DC., a native medicinal species important for its anti-inflammatory action. The objective of this research was to identify *C. verbenacea* individuals with good agricultural and chemical characteristics to start a domestication process, aiming at promoting cultivation and offering a new agricultural option to rural producers, thus contributing to preserve the species and to the use of its therapeutic properties. An agricultural experimental design of randomized blocks with four repetitions evaluated the behavior of half-sib families in three harvests. The characteristics analyzed were: fresh biomass and dry leaves production, harvest index, essential oil production, and alpha humulene production. The available variability for breeding, the heritability of the analyzed characteristics, the progress expected from selection, the efficiency of the chosen selection method, and the genetic, environmental, and phenotypic correlations between the characteristics analyzed were estimated from the collected data. It

was concluded that the progenies had a broad genetic variability that could be explored for breeding. The heritabilities calculated for dried leaf biomass, essential oil percentage, mass of essential oil were, respectively, 52%, 0,69% and 0,78%, considering the three harvests. On estimating the gain from selection, the conclusion was that significant gain can be expected from the selection of the best plants between and within the best progenies. The selection method between and within half-sib families employed in this research proved to be considerably more efficient than methods such as selection between progenies, and mass and stratified mass selection. The correlations study shows that oil and alpha humulene production is closely related to biomass production, demonstrating that indirect selection can be employed to make the process easier. On the 37 progenies, 22 produced essential oil of blue shades in at least one repetition in the field. The fifteen remaining progenies produced essential oils of yellow shades.

Keywords: *Cordia verbenacea*, domestication, breeding, genetic correlations, heritability, essential oil, alpha humulene

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve uma acentuada revalorização mundial do uso de plantas medicinais. Este fenômeno pode ser explicado principalmente por três fatores: **a)** A crescente aceitação do consumidor por medicamentos feitos à partir de plantas, por causa do sentimento, nem sempre justificado, de que tudo o que vem da natureza é mais seguro, saudável e ecologicamente correto do que os produtos sintéticos; **b)** Um renovado interesse da indústria farmacêutica na busca de compostos naturais que possuam atividade farmacológica, por causa de sua aceitação por parte dos usuários e também por causa dos menores custos envolvidos na pesquisa e desenvolvimento de um novo produto obtido a partir de plantas e **c)** As pesquisas científicas validando o uso de inúmeras plantas usadas popularmente e sendo incorporadas às farmacopéias de cada país, criam condições legais para que possam ser oficialmente transformadas em medicamentos por farmacêuticos e prescritas por médicos.

Por causa do potencial que estas plantas representam como fonte de matéria prima para o mercado de fitoterápicos, tanto para novos medicamentos como para

medicamentos que já estão no mercado, a legislação de diversos países tem sido alterada e tratados têm sido firmados visando regulamentar, entre outras coisas, a exploração da biodiversidade que existe no planeta. Como exemplos podem ser citados a Convenção sobre a Diversidade Biológica, assinada por mais de 170 países (Azevedo, 2000) e, especificamente no Brasil, a Lei de Propriedade Industrial (Brasil, 1996), a lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1997) e a Medida Provisória 2186-16 (Brasil, 2001).

Como consequência da revalorização mundial do uso de plantas medicinais, aumentou a pressão ecológica exercida sobre alguns destes recursos naturais. Esta pressão tem sido grande nos últimos anos e a tendência é que este quadro se agrave, pois o extrativismo comercial das plantas medicinais acena como uma alternativa de renda para as populações que vivem próximas a áreas de proteção ambiental. Por estas razões, e visando atender às demandas ecológicas e sociais que o tema “plantas medicinais” envolve, a União Internacional para Conservação de Natureza (IUCN), juntamente com o World Wildlife Found (WWF) e a Organização Mundial da Saúde (WHO), publicaram em 1988 um documento, cujo título é “Saving lives by saving plants”, onde procuram promover o cultivo de plantas medicinais, como estratégia para a preservação destas espécies na natureza (WHO/IUCN/WWF, 1988).

A espécie *Cordia verbenacea* (D.C.), Boraginaceae, é um arbusto perene que ocorre espontaneamente no litoral do Brasil, desde o Estado do Espírito Santo até o Estado de Santa Catarina. É conhecida como erva baleeira e é utilizada popularmente como anti-inflamatória, anti-úlceras, analgésica e cicatrizante (Lorenzi & Matos, 2008). Recentes estudos farmacológicos e clínicos chegaram à conclusão de que o óleo essencial presente nas suas folhas é rico em alfa-humuleno e possui atividade anti-inflamatória e analgésica (Pianowski, 2005; Medeiros *et al.*, 2007; Fernandes *et al.*, 2007), fato que mostra o acerto da informação popular. Por estas razões há um grande interesse da indústria farmacêutica na obtenção de folhas de erva baleeira para ser usada como matéria prima para a fabricação de medicamentos.

Considerando-se que a qualidade de uma matéria prima é dada pelo conjunto de critérios que a caracteriza para o uso ao qual se destina, a qualidade da matéria-

prima vegetal é a determinante inicial da qualidade de um fitoterápico (Farias, 1999). Ocorre que a qualidade de uma droga vegetal é influenciada por quatro fatores: genético, ontogênico, ambiental (Franz, 1990) e pós-colheita (secagem e armazenamento, principalmente) (Samuelsson, 1999). Em decorrência destes quatro fatores, pode-se concluir que a qualidade de um medicamento fitoterápico começa no campo. Deve-se considerar também que as empresas que transformarão a planta em medicamento, para poderem planejar-se administrativamente, precisarão saber com que quantidade, regularidade e padrão poderão contar com a matéria prima que irão processar (Franz, 1990). Estas três informações só podem ser conseguidas quando a matéria prima é produzida por cultivo. Entretanto a espécie *Cordia verbenacea* não é domesticada e suas populações possivelmente apresentam ampla variabilidade genética. Uma população de plantas que apresente grande variabilidade genética tem o seu cultivo dificultado porque esta variabilidade vai se expressar em diferenças no desenvolvimento dos indivíduos, na resistência a pragas e doenças, na resposta às condições de fertilidade do solo, na produtividade, etc. Além disso, a variabilidade genética vai se expressar produzindo plantas com teores variáveis de princípios ativos, responsáveis por seu efeito terapêutico, uma vez que é ao nível do metabolismo secundário, fruto da expressão gênica e sua interação com o ambiente, que são produzidas as moléculas de interesse comercial (Khanna & Shukla, 1991; Franz, 1996; Pank, 2006).

Domesticar para cultivar plantas medicinais (neste caso, *C. verbenacea*), além de ser uma maneira de aliviar a pressão ecológica que algumas espécies vêm sofrendo, é também uma forma de assegurar a quantidade e a regularidade de fornecimento da matéria prima e, ao mesmo tempo, controlar os fatores que influenciarão na sua qualidade (Pank, 2006). Por estas razões, e devido ao crescente interesse comercial nesta espécie, é preciso iniciar estudos para fazer dela uma opção agrícola.

O objetivo desta pesquisa, a longo prazo, é selecionar entre uma população de *Cordia verbenacea* indivíduos que possuam um bom desenvolvimento da parte aérea, boa capacidade para rebrotar, alta porcentagem de óleo essencial nas folhas, alta porcentagem de alfa-humuleno no óleo essencial e que se adaptem ao processo agrícola, iniciando desta forma o processo de domesticação da espécie, visando com isto promover o

seu cultivo, de modo a oferecer uma nova opção agrícola aos produtores rurais e assim contribuir para a preservação da espécie e a utilização dos seus benefícios terapêuticos.

Os objetivos específicos deste trabalho são constatar a possível existência de variabilidade genética em uma população de *Cordia verbenacea* que permita implantar um programa de melhoramento da espécie, visando incrementar características relacionadas à qualidade química e à produção de biomassa, e comparar a eficiência de métodos de seleção na obtenção de populações superiores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos Biológicos

Cordia verbenacea DC., é planta amplamente utilizada na medicina caseira, principalmente nas regiões litorâneas do Sudeste, onde é considerada antiinflamatória, antiartrítica, analgésica, tônica, cicatrizante e antiulcerogênica (Lorenzi & Matos, 2008). A espécie possui vários nomes populares, o que atesta seu emprego como planta medicinal por diversas populações. Os mais comuns são erva preta, maria milagrosa, maria preta, camarinha e camaroneira do brejo. Entretanto há um nome pelo qual ela é mais conhecida: erva baleeira ou erva balieira. Este nome está associado à caça à baleia, no litoral de Santa Catarina. Os caçadores que se feriam foram ensinados pelos nativos a empregar a planta para curar os

machucados causados nesta atividade. Com o tempo, o nome erva baleeira passou a ser o mais utilizado pela população local e é atualmente o mais conhecido nome popular da espécie *C. verbenacea*.

Ocorre espontaneamente em áreas litorâneas como restingas, dunas e praias, da região nordeste à região sul do Brasil, porém não é raro encontrá-la em regiões afastadas da costa, como o interior dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, em terrenos pouco férteis e bem drenados. A forma de suas folhas é muito variável, mas geralmente são oblongas, serreadas e ásperas. Possuem forte odor, mas que não chega a ser desagradável e que para algumas pessoas lembra o de cubinhos de caldo de carne, razão pela qual é chamada em inglês de “maggy plant”. Suas flores são brancas, dispostas em espiga, sendo que o florescimento é irregular dentro da mesma espiga (sindesmia), o que tem como consequência uma frutificação também irregular na mesma espiga (Montanari, 2000). Pode florescer em qualquer época do ano, porém o faz com mais intensidade durante a primavera/verão.

Entre botânicos a sua classificação é controversa, principalmente por causa da grande variação morfológica apresentada pelas espécies do gênero *Cordia* (Miller & Gottschling, 2007). Este gênero é dividido em três subgêneros ou seções: *Cordia*, *Varronia* e *Myxa*. A espécie *Cordia verbenacea* encontra-se na seção *Varronia*. Entretanto, estudos baseados em análise de DNA, dados morfológicos, observações de campo, estudos em herbários e literatura, propõe uma nova classificação, na qual a seção *Varronia* ganha *status* de gênero (Borhidi *et al.*, 1988; Gottschling *et al.*, 2005; Miller & Gottschling, 2007). Atualmente é consenso que *Varronia* é designação de gênero, no entanto, ainda não há consenso sobre como deveria ser chamada a espécie. Borhidi *et al.* (1988), propõem o nome *Varronia verbenacea*, mas esta nova classificação é fortemente contestada por Miller & Gottschling (2007). Considerando que as discussões em torno da nova classificação da espécie ainda estão em andamento e que a nomenclatura utilizada na quase totalidade dos trabalhos científicos ainda é *Cordia verbenacea* DC., optou-se por adotar esta classificação no presente trabalho.

Cordia verbenacea pertence à família *Boraginaceae*. Segundo Joly (1983), são plantas herbáceas ou lenhosas, arbustivas ou arbóreas, com folhas de disposição alterna (raramente opostas) e inteiras. Flores pequenas ou grandes e vistosas, em geral reunidas em inflorescências escorpióides vistosas. Flores pentâmeras radiais ou zigomorfas, hermafroditas, diclamídeas. Corola gamopétala, às vezes quase bilabiada. Androceu formado por 5 estames, alternos com os lobos da corola. Ovário súpero, bicarpelar, bilocular, cada lóculo contendo dois óvulos; às vezes falsamente tetralocular e com estilete ginoblástico. Fruto esquizocarpo ou drupáceo.

Segundo Nowicke & Ridgway (1973), o gênero *Cordia* L., é composto por cerca de 250 espécies e provavelmente é o grupo mais complexo dentro da família das *Boraginaceae*. Já Gottschling *et al.* (2005), afirmam que o gênero *Cordia* L. é composto por cerca de 350 espécies. Estes autores concordam que o centro de diversidade deste gênero é a América tropical, especialmente bem representado na América Central e América do Sul, e que suas espécies estão amplamente distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta.

Na espécie *Cordia verbenacea*, as flores são visitadas por abelhas, moscas e borboletas. A forma de dispersão das sementes é por zoocoria (Marques & Oliveira, 2005). Montanari (2000), também notou que seus pequenos frutos vermelhos, considerados comestíveis, são muito procurados por pássaros de diversas espécies que involuntariamente fazem a dispersão das sementes.

A maneira usual de propagação é através de sementes, embora possa ser propagada vegetativamente. Para a obtenção de sementes viáveis devem ser coletados os frutos vermelhos, já maduros. As sementes começam a germinar em 8 dias, estendendo-se até os 50 dias da sementeira. Este grande período de germinação pode ser explicado por tratar-se de espécie selvagem, cujas sementes apresentam dormência em diferentes graus de intensidade (Montanari, 2000). Figueira *et al.* (2001a), verificaram que a taxa de germinação era ao redor de 78%.

Estudos feitos por Coleman (1982) mostraram que o número básico de cromossomos do gênero *Cordia* varia com $n = 9, 14, 15, 16, 18, 24, 36$ e 40 . O autor conclui

que *C. verbenacea*, é espécie diplóide, com número de cromossomos igual a $n = x = 9$. Com o intuito de compreender melhor a sua biologia de reprodução, Figueira *et al.* (2009) desenvolveram 8 microssatélites altamente polimórficos para estudar a diversidade genética e a diversidade de populações naturais e de coleções de germoplasma. Estes autores verificaram que 6 dos oito microssatélites possuíam bandas múltiplas, o que é típico de espécies poliplóides. Número total de bandas por *locus* variou de 2 a 12 e o número de bandas por *locus* por indivíduo variou de 1 a 8. Na interpretação dos resultados deste trabalho, os autores concluíram que a população estudada é poliplóide, heterozigota e preferencialmente alógama.

A espécie tem se adaptado bem em diversas regiões do estado de São Paulo. Pequenos cultivos vêm sendo feitos na região de Campinas-SP, Botucatu-SP, Mogi Mirim-SP e Jaboticabal-SP. Vaz *et al.* (2006), realizaram testes agrícolas em Altinópolis-SP, Campinas-SP, Jales-SP e São Carlos-SP.

2.2. Composição Química e Estudos Farmacológicos

Valde *et al.*, *apud* Barroso *et al.* (2002), confirmaram em 1982 a presença das duas flavonas e isolaram do vegetal mais uma, a saber: 5-hidroxi-3,6,7,3',4'-pentametoxiflavona. Esses autores lograram ainda isolar dois triterpenos do grupo damarano, novos para ciência, os quais foram denominados de cordialina A e cordialina B (Barroso *et al.*, 2002).

Lins *et al.*, segundo Barroso *et al.* (2002), em 1980 e 1990, estudando o extrato etanólico desta espécie isolaram duas flavonas pentametoxiladas a saber; 5, 6'-diidroxí-3,6,7,3',4'-pentametoxiflavona e a 5, 6'-diidroxí-3,3',4',6,7-pentametoxiflavona. Identificaram também a presença de sitosterol.

Testes fitoquímicos indicaram a presença de flavonóides, esteróides, saponinas, ácidos fixos, alcalóides e fenóis (Roldão *et al.*, 2008). Os mesmos autores verificaram que a espécie não apresentou atividade analgésica, mas concluíram que a atividade antiulcerogênica pode estar associada a uma melhora dos mecanismos estomacais antioxidantes.

Estudo feito no México utilizando o extrato hexânico de *C. verbenacea* contra 14 linhagens de bactérias comumente causadoras de problemas intestinais mostrou que o extrato é eficaz tanto contra bactérias Gram positivas como Gram negativas, evidenciando que o uso popular da planta para distúrbios gastrointestinais é procedente (Hernández *et al.*, 2003).

Em 2005, Ticli *et al.*, testaram em ratos o extrato metanólico da espécie contra o veneno da cobra jararacussu (*Bothrops jararacussu*) e verificaram que o extrato inibia o edema de pata provocado pelo veneno. O composto ativo foi isolado e verificou-se que se tratava do ácido rosmarínico, um derivado do ácido cafêico.

Os extratos hexânico e etanólico da espécie foram testados contra algumas pragas de produtos armazenados da ordem Coleóptera: *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica* e *Oryzaephilus surinamensis*, mas não mostraram efeito (Moreira, 2007).

O extrato etanólico e o óleo essencial também foram testados por Schlemper *et al.* (2000) para verificar a possível ação contra fungos leveduriformes (*Cândida albicans*) e filamentosos (*Trichophyton*, *Microsporum*, *Aspergillus niger*) e concluíram que os resultados sugerem que o extrato etanólico de folhas e caules e o óleo essencial de *C. verbenacea* têm atividade antifúngica para os tipos de fungos testados.

A atividade antifúngica e a toxicidade do extrato etanólico foi testada por Oliveira *et al.*, (2010). Em seu trabalho estes autores concluíram que o extrato etanólico de *C. verbenacea* possui atividade moderada sobre *Candida albicans* e *C. krusei* e que possui alta toxicidade em bioensaios realizados com *Artemia salina*.

O extrato metanólico de *C. verbenacea* foi usado para verificar a sua ação fototóxica contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* por Matias *et al.*, 2010. Os resultados de suas investigações sugerem que o extrato metanólico de *C. verbenacea*, na presença de luz, pode ser eficaz no tratamento de infecções causadas por bactérias.

A atividade anticâncer do extrato supercrítico de *C. verbenacea* foi investigada por Kwiecinski *et al.* (2010). Estes autores avaliaram a citotoxicidade e a apoptose de células de carcinoma de Ehrlich causada pela aplicação deste extrato e concluíram que ele apresenta uma importante atividade, o que corrobora com o uso popular da espécie.

O laboratório farmacêutico Aché desenvolveu um antiinflamatório, registrado como Achéflan, a partir do óleo essencial da espécie e este pode ser considerado o primeiro caso de sucesso de uma tecnologia que foi desenvolvida no Brasil baseada em uma planta nativa, cujo produto decorrente está no mercado (Ryan, 2009). Atualmente este produto é objeto de estudos de segurança e eficácia nos Estados Unidos.

Os primeiros estudos das propriedades antiinflamatórias da *C. verbenacea* foram iniciados na década de 80 por Sertié *et al.* (1988, 1990, 1991) que isolou o composto artemetina de suas folhas e realizou estudos farmacológicos com este princípio ativo. No entanto, foi a partir de 2001, com o isolamento da molécula alfa-humuleno, presente no óleo essencial das folhas de *C. verbenacea*, que grandes progressos foram feitos no sentido de se comprovar a eficácia da espécie contra processos inflamatórios (Pianowski, 2005).

Fernandes *et al.* (2007) isolaram dois sesquiterpenos do óleo essencial de *C. verbenacea*, alfa-humuleno e trans-cariophileno, e verificaram que, nos modelos experimentais usados, estes dois compostos possuíam efeito marcante como antiinflamatório quando administrados via oral e concluíram que estas duas moléculas representam importantes ferramentas no tratamento de doenças inflamatórias.

O óleo essencial, bem como dois dos seus principais componentes, alfa-humuleno e trans-cariophileno, tiveram suas atividades antiinflamatórias e antialérgicas testadas por Passos *et al.* (2007). Estes autores verificaram que tanto o óleo como seus

componentes possuem atividade antiinflamatória pronunciada e que também é eficaz como antialérgico usado contra veneno de abelha.

Buscando avaliar a atividade antiinflamatória e elucidar os mecanismos biológicos pelos quais os dois principais compostos do óleo essencial de *C. verbenacea*, alfa-humuleno e trans-cariophileno, atuam, Medeiros *et al.* (2007), concluíram que ambas as moléculas são eficazes antiinflamatórios mas não lograram esclarecer por quais mecanismos isto ocorre.

Patente do extrato de *C. verbenacea* foi requerido junto ao Escritório de Patentes Europeu e ao Instituto Nacional de propriedade Intelectual do Brasil (Balbani, 2009).

Por causa do uso popular e do efeito antiinflamatório comprovado cientificamente, a importância econômica da espécie certamente crescerá. Para que a demanda por matéria prima seja satisfeita e se torne uma opção agrícola segura para o produtor rural é necessário iniciar a domesticação da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

No ano de 1991, 70 plantas de *Cordia verbenacea* DC. foram coletadas no município de Caraguatatuba-SP e transplantadas no campo experimental do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas Biológicas e Agrícolas da Universidade Estadual de Campinas (CPQBA-UNICAMP). A excicata da espécie estudada está depositada no herbário da Universidade Estadual de Campinas, sob voucher UEC 112744. As 70 plantas produziram sementes originando 300 plantas cultivadas no campo experimental do CPQBA-UNICAMP. Das 300 plantas foram coletadas sementes e obtidas 16.000 mudas, suficientes para o plantio de 2 ha. Em 2003 as plantas, então com 2 anos de idade, foram cortadas a 40 cm

do solo para que rebrotassem. Os indivíduos que apresentaram melhor capacidade de rebrota, mostrando bom vigor e desenvolvimento, foram selecionados. Ao todo foram selecionados 37 indivíduos, de um total de 16.000. As plantas selecionadas cruzaram-se livremente com as não selecionadas ao seu redor. Sementes das plantas selecionadas foram então colhidas separadamente e formaram 37 progênies de meios irmãos. Como se percebe, de um número inicial de plantas relativamente pequeno, houve possibilidade de cruzamento e recombinação genética ao acaso no campo em três gerações, o que ampliou a variabilidade genética e deve representar melhor o germoplasma da espécie.

3.2. Instalação e Condução Experimental

No ano de 2004, as sementes das 37 progênies foram colocadas para germinar em viveiro telado sombreado a 50% de luz, em tubetes contendo uma mistura em partes iguais de areia, terra e esterco bovino humificado. Aos 2 meses de idade, as mudas produzidas no viveiro foram transplantadas para o campo, em um delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. Cada parcela foi formada por 10 plantas. O espaçamento utilizado no experimento foi de 1,6 m na entrelinha por 0,5 m na linha, fazendo com que a parcela tivesse 8 m². À volta de todo experimento foi plantada uma linha de bordadura.

A localização da área experimental, sua altitude e tipo de clima, encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1. Classificação climática segundo Koeppen, altitude e localização do experimento

Clima (Koeppen)	Precipitação média anual (mm)	Temperaturas médias		Altitude	Coordenadas
		Mês mais quente	Mês mais frio		
Cwa-tropical com verões úmidos e invernos secos	1430	25°	18,5°	669 m	22°48'S 47°07'O

Para a classificação do solo foram utilizados as informações de OLIVEIRA *et al.*, (1977) para a localização, e EMBRAPA (1999), sendo classificado como latossolo vermelho eutroférico típico. A análise química do solo mostrou os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 4,7; H+Al (cmol): 4,5; Al (cmol): 0,1; Ca (cmol): 3,3; Mg (cmol): 1,1; K (cmol): 0,39; P (Mehlich, mg/dm³): 10,0; P (resina, mg/dm³): 21,0; C (g/dm³): 20,0; Matéria orgânica (%): 3,4; soma de bases (cmol): 4,79; CTC (cmol): 9,29; saturação de bases (%): 51,56; S (mg/dm³): 11,2; Na (mg/dm³): 8,5; B (mg/dm³): 0,2; Fe (mg/dm³): 32,0; Mn (mg/dm³): 18,5; Cu (mg/dm³): 4,5; Zn (mg/dm³): 5,0.

O solo foi preparado e foi feita a correção do pH para saturação de bases em 70%. Como não havia na literatura recomendações de adubação para erva baleeira, seguiu-se a recomendação de Sakai, 2000, para a cultura de chá (*Tea sinensis*) que se pareceu uma cultura similar dado o seu porte, densidade de plantas/ha, manejo e parte de interesse comercial. Aplicou-se no preparo do solo 40 kg/ha de P₂O₅ e 25 kg/ha de K₂O. No plantio, aplicou-se 80 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ e 25 kg/ha de K₂O. Aos 30 e 60 dias do plantio foram aplicados 80 kg/ha de N. Após a primeira colheita foram aplicados 80 kg/ha de N, 80 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O. Aos 30 e 60 dias da colheita foram aplicados mais 80 kg/ha

de N. Após a segunda colheita, repetiu-se a adubação feita após a primeira. Foram realizadas capinas regulares e quando houve necessidade, o experimento foi irrigado por aspersão até a capacidade de campo.

3.3. Avaliação Experimental

As plantas foram colhidas cortando-se toda a parte aérea com tesoura de poda, a 40 cm do solo. Foram realizadas três colheitas. A primeira em abril de 2005, quando as plantas tinham 12 meses de idade. A segunda colheita foi realizada em abril de 2006, doze meses depois da primeira. A terceira colheita em novembro de 2008, no entanto, um ano antes foi realizado um corte do experimento, sem tomada de dados, para que as plantas no momento da terceira avaliação tivessem 12 meses de crescimento, como nas colheitas anteriores.

Nas três colheitas foram avaliadas as seguintes características:

- Massa da parte aérea fresca (MPAF), incluindo folhas e galhos, em gramas (g);

Em seguida foram separados galhos de folhas e avaliados:

- Massa de folhas secas (MFS), em gramas (g), após secagem em secador de ventilação forçada, a 40 °C, até peso constante;

- Massa dos galhos secos (MGS), em gramas (g), após secagem em secador de ventilação forçada, a 40 °C, até peso constante;

- Índice de colheita (IC), obtido pela relação: $\frac{MFS}{MFS + MGS}$

- Porcentagem de óleo essencial nas folhas secas (%OE) e;

- Massa de óleo essencial (MOE);

Para a obtenção dos dados de %OE foram amostradas 200 g de folhas secas de cada parcela. As folhas secas foram destiladas em aparelhos clevenger por 90 minutos. A massa de óleo contida nas 200 g de folhas foi medida e a % OE por parcela foi calculada pela seguinte fórmula: $(\text{massa de óleo destilado} \times 100) / 200$.

A massa de óleo essencial (MOE) por parcela foi calculada a partir da % OE pela seguinte fórmula: $(\%OE \times MFS) / 100$.

Na terceira colheita, além das características acima, foram também avaliadas:

- A porcentagem de alfa humuleno no óleo essencial (%AH) e;

- Massa de alfa humuleno por média de parcela (MAH).

A seguir encontra-se breve descrição da metodologia empregada para a quantificação de alfa humuleno: pesar 50 mg de óleo essencial de *Cordia verbenacea* em balão volumétrico de 10 ml, adicionar padrão interno e 1,0 ml de solução de dibutilftalato.

Completar o volume com acetato de etila. Cromatógrafo a gás acoplado a detetor seletivo de massas operando no modo SIM (Single Ion Monitoring). Coluna: HP-5MS.

Ainda na terceira colheita, a fim de se obter informações sobre a variância das características MPAF, MFS, MGS e IC entre os indivíduos dentro da parcela, foram coletados dados individuais de 5 plantas por parcela.

Para a realização das análises de variância, os dados obtidos em porcentagem (IC, %O e %AH) foram transformados em arco seno da raiz, porém na apresentação dos resultados o valor apresentado da média é o valor medido, isto é, sem transformação.

3.4. Análise Genético Estatística

Através das análises de variância dos dados coletados foram estimados:

- a) A variabilidade genética disponível para o melhoramento;
- b) Os coeficientes de herdabilidade das características analisadas entre progênies em cada colheita, entre e dentro de progênies na terceira colheita e nas três colheitas;
- c) Os coeficientes de herdabilidade das características analisadas, caso fosse adotado o método de seleção massal ou o método de seleção massal estratificada;

- d) Os ganhos de seleção entre o método adotado e outros métodos de seleção e;
- e) As correlações entre as características avaliadas na terceira colheita.

Para a análise de variância entre progênies utilizou-se a média de parcelas, segundo o delineamento de blocos casualizados, com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + b_j + p_i + e_{(ij)}$$

Onde:

Y_{ij} = valor fenotípico da característica para o tratamento i , no bloco j ;

μ = média geral da característica;

p_i = efeito da progênie i ;

b_j = efeito do bloco j ;

$e_{(ij)}$ = erro experimental entre parcelas associado à observação ij .

O esquema utilizado para estimar as variâncias, considerando que todos os efeitos eram aleatórios, exceto a média, encontra-se na Tabela 2. Na estimativa de parâmetros genéticos utilizou-se as esperanças dos quadrados médios obtidos da análise de variância para as diferentes características.

TABELA 2. Esquema da análise de variância a nível de média de progênies segundo o delineamento de blocos completos ao acaso.

FV	G.L.	QM	E(QM)	F
Bloco	r-1	QM ₁	$\sigma_e^2 + p\sigma_B^2$	QM ₁ /QM ₃
Progênies	p-1	QM ₂	$\sigma_e^2 + r\sigma_p^2$	QM ₂ /QM ₃
Erro	(p-1)(r-1)	QM ₃	σ_e^2	

Onde:

σ_e^2 : quadrado médio do erro;

σ_p^2 : variância entre progênies;

σ_B^2 : variância entre blocos;

r: número de repetições;

p: número de progênies

A fim de verificar se havia possibilidade de ganhos genéticos e de quanto seriam estes ganhos ao realizar a seleção de indivíduos dentro de progênies selecionadas, foram coletados dados individuais de 5 plantas de cada parcela experimental. Para a análise de variância ao nível de indivíduo, segundo o delineamento experimental de blocos casualizados, empregou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + b_j + p_i + e_{(ij)} + d_{(ijk)}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor fenotípico da característica para o tratamento i , no bloco j , da planta k ;

μ = média geral da característica;

b_j = efeito do bloco j ;

p_i = efeito da progênie i ;

$e_{(ij)}$ = erro experimental entre parcelas e ;

$d_{(ijk)}$ = variância de plantas dentro da parcela, também chamada de erro dentro.

As análises de variância foram realizadas a partir do valor fenotípico por indivíduo dentro da parcela. Considerou-se que todos os efeitos eram aleatórios, exceto a média. O esquema utilizado para estimar as variâncias encontra-se na Tabela 3.

TABELA 3. Esquema de análise de variância, segundo o delineamento de blocos completos ao acaso, sendo tomados dados das plantas individuais dentro da parcela.

FV	G.L.	QM	E(QM)	F
Bloco	$r-1$	QM_1	$\sigma_d^2 + k \sigma_e^2 + np\sigma_B^2$	QM_1/QM_3
Progênie	$p-1$	QM_2	$\sigma_d^2 + k \sigma_e^2 + kr\sigma_P^2$	QM_2/QM_3
Erro	$(p-1)(r-1)$	QM_3	$\sigma_d^2 + k \sigma_e^2$	
Dentro	$(k-1) rp$	QM_4	σ_d^2	

Onde:

σ_e^2 : quadrado médio do erro;

σ^2_p : quadrado médio de tratamentos (progênes);

σ^2_B : quadrado médio entre blocos;

σ^2_d : quadrado médio entre plantas dentro da parcela;

r: número de repetições (blocos);

p: número de progênes;

k: número de plantas avaliadas dentro da parcela

Em espécies perenes, para melhor avaliar o comportamento das progênes, a avaliação deve ser baseada em algumas colheitas (Ramalho, 2000). Como a erva baleeira é uma espécie perene, procedeu-se a análise conjunta das três colheitas visando detectar a possível interação entre as colheitas e as diferentes características avaliadas. Uma vez que as colheitas devem ser feitas evidentemente na mesma parcela experimental, não havendo independência das medidas efetuadas ao longo do tempo, utilizou-se o modelo estatístico e o delineamento apresentados em RAMALHO *et al.* (2000), incluindo a interação colheita x blocos, como segue:

$$Y_{ijq} = \mu + b_j + p_i + c_q + (bp)_{ij} + (bc)_{jq} + (pc)_{iq} + e_{ijq}$$

onde:

μ = média geral;

b_j = efeito do bloco j;

p_i = efeito da progênie i;

c_q = efeito da colheita q;

$(bp)_{ij}$ = efeito da interação entre a progênie i e o bloco j;

$(bc)_{jq}$ = efeito da interação entre o bloco j e a colheita q;

$(pc)_{iq}$ = efeito da interação entre a progênie i e a colheita q;

e_{ijq} = erro experimental

As análises de variância foram realizadas a partir do valor fenotípico médio por parcela por colheita. Considerou-se que os efeitos eram todos aleatórios, à exceção do efeito para colheita, que foi considerado fixo. O esquema utilizado para estimar as variâncias encontra-se na Tabela 4.

TABELA 4. Esquema de análise de variância para plantas perenes, segundo o delineamento de blocos completos ao acaso, considerando a interação colheita x família.

FV	G.L.	QM	E(QM)	F
Bloco (B)	r-1	QM ₁	$\sigma_e^2 + r\sigma_{PC}^2 + q\sigma_{BP}^2 + qp\sigma_B^2$	QM ₁ /QM ₃
Progênies (P)	p-1	QM ₂	$\sigma_e^2 + q\sigma_{BP}^2 + rq\sigma_P^2$	QM ₂ /QM ₃
Erro a (B x P)	(p-1)(r-1)	QM ₃	$\sigma_e^2 + q\sigma_{BP}^2$	
Colheita (C)	q-1	QM ₄	$\sigma_e^2 + p\sigma_{BC}^2 + r\sigma_{PC}^2 + rp \frac{\sum_{q=1}^3 C_q^2}{(p-1)}$	(QM ₄ + QM ₇) / (QM ₅ + QM ₆)
Erro b (BC)	(r-1)(q-1)	QM ₅	$\sigma_e^2 + p\sigma_{BC}^2$	
Interação (P x C)	(q-1)(p-1)	QM ₆	$\sigma_e^2 + r\sigma_{PC}^2$	QM ₆ / QM ₇
Erro c (PBC)	(q-1)(p-1)(r-1)	QM ₇	σ_e^2	

Em que:

σ^2_e = quadrado médio do erro;

σ^2_p = variância entre (progênies);

σ^2_B = variância entre blocos;

σ^2_{PC} = variância da interação progênie x colheita;

σ^2_{BP} = variância da interação bloco x progênie;

σ^2_{BC} = Variância da interação bloco x colheita

C^2_q = variância da colheita q;

r = número de repetições;

p = número de progênies;

q = número de colheitas.

Para a determinação dos graus de liberdade associados ao numerador e denominador, necessários para a realização do teste F para colheita foi aplicada a expressão de Satterthwaite (1946) conforme CRUZ, 2005.

As estimativas de herdabilidade no sentido restrito foram calculadas em função dos componentes mostrados na esperança E(QM) das análises individuais entre parcelas (Tabela 2), entre plantas dentro de parcelas (Tabela 3) e entre parcelas, considerando-se a interação genótipo x colheita da análise conjunta (Tabela 4).

As estimativas de herdabilidade das características a nível de média de progênies (\hat{h}_m^2) para cada colheita (equação A) foram obtidas a partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios da Tabela 2 (Vencovsky & Barriga, 1992) da seguinte forma:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r}} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{QM_p / r} \quad (\text{equação A})$$

onde:

r = número de repetições do experimento;

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimativa da variância genética entre médias de progênies;

$\hat{\sigma}_e^2$ = estimativa da variância do erro;

$QM_p = QM_2$ = esperança do quadrado médio de progênies.

Na terceira colheita, estimou-se também as herdabilidades dentro de progênies (\hat{h}_d^2), calculadas a partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios da Tabela 3, considerando que a variância genética dentro de progênie é 3/4 da variância aditiva (Vencovsky & Barriga, 1992), utilizando-se a seguinte expressão:

$$\hat{h}_d^2 = \frac{3\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2} \quad (\text{equação B})$$

onde:

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimativa da variância genética entre médias de progênies;

$\hat{\sigma}_d^2$ = estimativa da variância fenotípica (genética e ambiental) entre plantas dentro da parcela.

Considerando-se que as colheitas foram feitas em anos diferentes, estimou-se as herdabilidades a partir da análise conjunta de colheitas conforme Venkovsky & Barriga, 1992, utilizando as esperanças dos quadrados médios apresentados na Tabela 4.

$$\hat{h}_C^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \frac{\hat{\sigma}_{ea}^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_{ec}^2}{rc}} = (QM_2 - QM_3) / QM_3 \quad (\text{equação C})$$

onde:

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimativa da variância genética de progênies;

$\hat{\sigma}_{ea}^2$ = estimativa da variância do erro a;

$\hat{\sigma}_{ec}^2$ = estimativa da variância do erro c;

r = número de repetições do experimento e;

QM = quadrado médio

As estimativas de herdabilidade calculadas para a seleção massal

(\hat{h}_{ma}^2) foram calculadas a partir das esperanças dos quadrados médios apresentados na Tabela 4.

$$\hat{h}_{ma}^2 = \frac{4\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_b^2} \quad (\text{equação D})$$

onde:

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimativa da variância genética entre progênies;

$\hat{\sigma}_d^2$ = estimativa da variância dentro de progênies;

$\hat{\sigma}_e^2$ = estimativa da variância do erro;

$\hat{\sigma}_b^2$ = estimativa de variância de blocos.

Para o cálculo das estimativas de herdabilidade na seleção massal estratificada (\hat{h}_{es}^2) empregou-se as esperanças dos quadrados médios da Tabela 4, conforme a equação E:

$$\hat{h}_{es}^2 = \frac{4\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2} \quad (\text{equação E})$$

onde:

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimativa da variância genética entre progênies;

$\hat{\sigma}_d^2$ = estimativa da variância dentro de progênies;

$\hat{\sigma}_e^2$ = estimativa da variância do erro.

3.5. Estimativas dos Ganhos por Seleção

Os ganhos por seleção entre progênies (GS_p) foram estimados em valores absolutos (g) e em porcentagem, como segue:

$$GS_p = i * p * h_m * \hat{\sigma}_p \quad (\text{equação F}) \quad \text{e} \quad GS_p\% = 100GS_p / \bar{X}_0$$

sendo:

GS_p = ganho de seleção entre progênies;

i = intensidade de seleção, onde: $i = 40\% = 0,966$; $i = 30\% = 1,159$; $i = 20\% = 1,40$ e $i = 10\% = 1,755$;

p = controle parental, sendo $p = 2$, uma vez que a unidade de seleção é igual à unidade de recombinação (Cruz, 2005);

h_m = raiz quadrada da herdabilidade a nível de média de progênies (equação A);

$\hat{\sigma}_p$ = desvio padrão genético das progênies;

\bar{X}_0 = média da população.

Na terceira colheita, as características massa da parte aérea fresca (MPAF), massa de folhas secas (MFS) e massa de galhos secos (MGS), em que os valores da herdabilidade foram estimados tanto a nível de médias de progênies quanto de plantas individuais. Os ganhos por seleção entre e dentro de progênies (GS_{ed}) foram calculados com base nos valores fenotípicos dos indivíduos superiores das progênies superiores. Foram calculados os valores absolutos (g) e em porcentagem da seguinte maneira:

$$GS_{ed} = GS_p + GS_d \quad e \quad GS_{ed}\% = 100GS_{pd} / \bar{X}_0$$

$$GS_d = i * p * h_d * \hat{\sigma}_d = \text{ganho de seleção dentro de progênies (equação F)}$$

onde:

i = intensidade de seleção. Considerando que o número de indivíduos medidos foi pequeno (5 indivíduos), utilizamos a tabela de correção proposta por Falconer (1987), onde: $i = 40\% = 1,27$; $i = 20\% = 1,16$;

p = controle parental, sendo $p = 2$, supondo-se que a unidade de seleção é igual à unidade de recombinação (Cruz, 2005);

h_d = raiz quadrada da herdabilidade ao nível de indivíduo dentro de progênies (equação B);

$\hat{\sigma}_d$ = desvio padrão dentro de progênies.

Considerando-se que os ganhos de seleção entre progênies baseados nas três colheitas, estes foram calculados utilizando as estimativas de herdabilidade (equação C) a partir das variâncias das características estimadas na Tabela 4, como apresentado em Cruz (2005).

$$GS_c = i * p * h_c * \hat{\sigma}_p \text{ (equação G)} \quad e \quad GS_c\% = 100GS_c / \bar{X}_0$$

sendo:

GS_c = ganho de seleção entre progênies, considerando-se a média de três colheitas;

i = intensidade de seleção, onde: $i = 40\% = 0,966$; $i = 30\% = 1,159$; $i = 20\% = 1,40$ e $i = 10\% = 1,755$;

p = controle parental, sendo $p = 2$, supondo-se que a unidade de seleção é igual à unidade de recombinação (Cruz, 2005);

h_c = raiz quadrada da herdabilidade ao nível de média de progênies da análise conjunta (equação C);

$\hat{\sigma}_p$ = desvio padrão genético das progênies;

\bar{X}_0 = média da população.

A fim de verificar se os ganhos genéticos da seleção massal e massal estratificada, mais simples de conduzir, seriam similares aos ganhos genéticos estimados para o método de seleção entre e dentro de progênies, calculou-se as estimativas de herdabilidade para os dois primeiros métodos, a partir das estimativas de variância das características na tabela 4.

Para o método de seleção massal os ganhos de seleção foram calculados de acordo com a equação:

$$GS_{ma} = i * p * h_{ma} * \hat{\sigma}_p \text{ (equação I)} \quad \text{e} \quad GS_{ma} \% = 100GS_{ma} / \bar{X}_0$$

sendo:

GS_{ma} = ganho de seleção entre progênies, considerando seleção massal;

i = intensidade de seleção, onde: $i = 40\% = 0,966$; $i = 30\% = 1,159$; $i = 20\% = 1,40$ e $i = 10\% = 1,755$;

p = controle parental, sendo $p = 2$, supondo-se que a unidade de seleção é igual à unidade de recombinação (Cruz, 2005);

h_{ma} = raiz quadrada da herdabilidade ao nível de média de progênie (equação D);

$\hat{\sigma}_p$ = desvio padrão genético das progênie;

\bar{X}_0 = média da população;

Os ganhos de seleção considerando uma seleção massal estratificada foram estimados pela equação:

$$GS_{es} = i * p * h_{es} * \hat{\sigma}_p \quad (\text{equação J}) \quad \text{e} \quad GS_{es}\% = 100GS_{es} / \bar{X}_0$$

sendo:

GS_{es} = ganho de seleção entre progênie, considerando seleção massa estratificada;

i = intensidade de seleção, onde: $i = 40\% = 0,966$; $i = 30\% = 1,159$; $i = 20\% = 1,40$ e $i = 10\% = 1,755$;

p = controle parental, sendo $p = 2$, supondo-se que a unidade de seleção é igual à unidade de recombinação (Cruz, 2005);

h_{es} = raiz quadrada da herdabilidade ao nível de média de progênie (equação E);

$\hat{\sigma}_p$ = desvio padrão genético das progênie;

\bar{X}_0 = média da população.

3.6. Estimativas das Correlações entre Características

A fim de verificar como a seleção de uma característica pode causar alterações em outras, estimou-se as correlações fenotípica (r_F), genética aditiva (r_G), e ambiental (r_E) entre as características, a partir dos dados obtidos na terceira colheita. Para isto realizou-se a análise de variância para duas características, x e y, e também da soma x + y, conforme o método apresentado por Ramalho *et al.* (2000). A partir destas análises de variância, pôde-se estimar os produtos médios a partir dos quadrados médios da soma das características e dos quadrados médios de cada uma, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5: Esquema das análises de variância para as características x, y e x + y, obtidas na avaliação de 37 progênies de meios irmãos de *Cordia verbenacea*.

FV	QM			Produtos médios xy
	x	y	x + y	
Progênie	QM _x	QM _y	QM _{xy}	PM _{xy} = 1/2(QM _{xy} - QM _x - QM _y)
Erro (E)	QM _{Ex}	QM _{Ey}	QM _{Exy}	PM _{Exy} = 1/2(QM _{Exy} - QM _{Ex} - QM _{Ey})
Esperança dos quadrados médios e produtos médios				
Progênie	$\sigma_{Ex}^2 + r\sigma_{Gx}^2$	$\sigma_{Ey}^2 + r\sigma_{Gy}^2$		COV _{Exy} + rCOV _{Gxy}
Erro	σ_{Ex}^2	σ_{Ey}^2		COV _{Exy}

Onde:

$$\text{COV}_{F_{xy}} = (\text{PM}_{xy})/r;$$

$$\text{COV}_{G_{xy}} = (\text{PM}_{xy} - \text{PM}_{E_{xy}})/r;$$

$$\text{COV}_{E_{xy}} = \text{PM}_{E_{xy}};$$

$$\sigma_{F_x}^2 = (\text{QM}_x)/r;$$

$$\sigma_{F_y}^2 = (\text{QM}_y)/r;$$

r = número de repetições do experimento.

Assim, têm-se as seguintes estimativas:

$$r_{F_{xy}} = \frac{\widehat{\text{COV}}_{F_{xy}}}{\sqrt{\sigma_{F_x}^2 + \sigma_{F_y}^2}} \quad \text{com } r_{F_{xy}} = \text{correlação fenotípica entre as características } x \text{ e } y$$

(equação K)

$$r_{G_{xy}} = \frac{\widehat{\text{COV}}_{G_{xy}}}{\sqrt{\sigma_{G_x}^2 + \sigma_{G_y}^2}} \quad \text{com } r_{G_{xy}} = \text{correlação genética entre as características } x \text{ e } y$$

(equação L)

$$r_{\text{Exy}} = \frac{\widehat{\text{CÔV}}_{\text{Exy}}}{\sqrt{\sigma_{\text{Ex}}^2 + \sigma_{\text{Ey}}^2}} \text{ com } r_{\text{Exy}} = \text{correlação ambiental entre as características x e y}$$

(equação M)

Como estas correlações são calculadas com base em estimativas, verificou-se a significância das correlações genéticas (r_G) através do teste t, segundo metodologia apresentada por Vencovsky e Barriga (1992) como segue:

$$t = r_G / \sqrt{\widehat{\text{vâr}}(r_G)}$$

onde:

$\widehat{\text{vâr}}(r_G)$ = estimativa de variância da correlação genética

Os gráficos foram gerados a partir dos dados originais pelo programa Origin 6.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor intrínseco de uma planta medicinal está no seu efeito terapêutico. Este por sua vez é causado pelos princípios ativos presentes na planta. Os princípios ativos possuem funções ecológicas importantes para a sobrevivência da espécie e são produzidos (quase todos) pelo metabolismo secundário das plantas (KHANNA & SHUKLA, 1991). O fato de o metabolismo secundário ser controlado pelo código genético (ZRYD, 1992) e este interagir com o ambiente, tem grande importância na produção de plantas medicinais, pois a qualidade do produto final é fortemente influenciada pelo local de produção, pelas técnicas de cultivo adotadas e pelas características genéticas da população cultivada. As características genéticas da população estudada são apresentadas e discutidas a seguir:

4.1. Estimativas de Parâmetros Genéticos entre Progenies

O resumo da análise de variância, as médias, os coeficientes de variação experimental e as estimativas de herdabilidade relativos à primeira colheita encontram-se na Tabela 6. Foram detectadas diferenças significativas para todas as características, o que indica a existência de variabilidade entre progenies, condição essencial para um programa de melhoramento.

As progenies mostraram que são diferentes para todas as características avaliadas.

O teste F mostrou que o efeito de bloco foi significativo a 1% para todas as características. Isto mostra acerto do delineamento do experimento em blocos casualizados, separando o efeito de progenies do efeito de blocos.

De uma maneira geral, o experimento mostrou baixa precisão experimental. Os coeficientes de variação (CV) para MPAF, MFS, MGS e MOE variaram de 24,36 a 29,72. Estes coeficientes são considerados altos por Gomes (1990), que classifica os CVs como baixos quando inferiores a 10%, médios quando entre 10 e 20%, altos quando entre 20 e 30% e muito altos quando acima de 30%. No entanto, a erva baleeira é espécie pouco estudada e sem resultados anteriores. Ao interpretarmos os valores dos CVs, é preciso considerar que a população estudada neste trabalho não é melhorada e que, por se tratar de espécie alógama, espera-se alta variabilidade genética dentro das parcelas. De fato, as plantas dentro das parcelas não eram uniformes, o que contribuiu para a elevação dos CVs. Este coeficiente é influenciado pelo erro experimental. O erro experimental por sua vez é afetado pelo número de plantas na parcela (quando estas plantas possuem variabilidade) e o número de repetições (Ramalho, 2000). Experimentos com maior número de repetições e parcelas com número maior de plantas tendem a reduzir o erro experimental. Assim, sugere-se que os estudos que venham a ser conduzidos com a espécie, sejam feitos com mais de quatro repetições e com mais de dez plantas por parcela.

TABELA 6 Resumo da análise de variância, médias, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à primeira colheita de 37 progênie de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*). Campinas-SP, abril de 2005.

		Quadrado Médio					
		MPAF	MFS	MGS	IC	%OE	MOE
FV	GL	g/planta	g/planta	g/planta			g/planta
Bloco	3	550157,61**	7090,04**	79983,92**	0,0121**	0,06**	0,18**
Progênie	36	76250,17**	943,02*	5215,34**	0,0008**	0,01*	0,08**
Erro	108	38923,47	569,35	2675,30	0,0003	0,005	0,01
Média		792,31	97,95	206,69	0,35	0,30	0,36
CV%:		24,90	24,36	25,02	4,72	22,17	29,72
\hat{h}_m^2		0,49	0,40	0,49	0,66	0,42	0,86

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F; **Significativo ao nível de 1% pelo teste F. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; CV = coeficiente de variação experimental; \hat{h}_m^2 =herdabilidade ao nível de média de progênie.

As estimativas de herdabilidade das características analisadas, mostraram-se médias para MPAF, MFS, MGS e %OE, variando entre 0,40 e 0,49. Altas herdabilidades foram verificadas para as características IC (0,66) e MO (0,86). Estas herdabilidades, apesar de provavelmente estarem subestimadas devido à magnitude do erro experimental, permitem prever que podem ser conseguidos ganhos genéticos expressivos ao selecionarmos as melhores progênie.

Os valores obtidos na segunda colheita para média geral, quadrados médios das características na análise de variância, coeficientes de variação do experimento, bem como as herdabilidades das características podem ser observados na Tabela 7.

Na segunda colheita, as progênies mostraram diferenças significativas entre si para todas as características. Apenas %OE não se mostrou diferente entre as progênies. Estes resultados confirmam a existência de variabilidade genética suficiente que pode ser explorada a fim de se obter populações superiores entre as progênies de meios irmãos estudadas.

TABELA 7 Resumo da análise de variância, médias, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à segunda colheita de 37 progênies de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*). Campinas-SP, abril de 2006.

		Quadrado médio					
		MPAF	MFS	MGS	IC	%OE	MOE
FV	GL	g/planta	g/planta	g/planta			g/planta
Bloco	3	584293,57**	5392,54**	51646,70**	0,01**	0,04*	0,15**
Progênie	36	151437,42**	1923,76*	9668,76*	0,0008**	0,02	0,07**
Erro	108	70933,77	1088,17	5640,39	0,0003	0,01	0,04
Média		1002,64	123,63	260,31	0,33	0,42	0,52
CV:		26,56	26,68	28,85	4,89	24,17	32,25
\hat{h}_m^2		0,53	0,43	0,42	0,66	0,36	0,49

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F; **Significativo ao nível de 1% pelo teste F. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; CV = coeficiente de variação experimental; \hat{h}_m^2 =herdabilidade ao nível de média de progênies.

As herdabilidades das características foram todas médias, variando entre 0,36 e 0,53, à exceção da característica IC, que mostrou alta herdabilidade (0,66). As herdabilidades calculadas nos permitem prever que ao selecionarmos as progênies superiores, teremos mudanças na estrutura genética da população, com ganhos de seleção. Deve ser lembrado que estas estimativas de herdabilidade podem estar novamente subestimadas, devida à baixa precisão experimental. A corroborar com esta afirmação, a herdabilidade para IC, cuja precisão experimental foi boa (CV = 4,89) mostrou-se alta ($\hat{h}_m^2 = 0,66$).

Na terceira colheita, além das características anteriores, foram também analisadas a porcentagem de alfa-humuleno no óleo essencial (%AH) e a massa de alfa humuleno (MAH). A Tabela 8 traz os valores para média geral, quadrados médios das características na análise de variância, coeficientes de variação do experimento, bem como as herdabilidades das características avaliadas.

Para as progênies, o teste F da análise de variância foi significativo para todas as características, com exceção de IC, que não mostrou diferenças entre as progênies.

Na terceira colheita houve uma melhora da precisão experimental, uma vez que os CVs são mais baixos que nas colheitas anteriores. A melhor precisão experimental nesta colheita deve-se em parte às menores magnitudes da variância dos erros e em parte às médias maiores para as características, quando comparadas com as colheitas anteriores. A maior acurácia dos dados elevou as estimativas das herdabilidades para a maioria das características. Apenas MGS continuou constante ($\hat{h}_m^2 = 0,4$) e IC baixou ($\hat{h}_m^2 = 0,32$). As herdabilidades das características envolvidas em produtividade foram todas altas, com exceção de MFS ($\hat{h}_m^2 = 0,57$), e variaram entre 0,75 e 0,82. Nesta terceira colheita analisou-se também a porcentagem de alfa-humuleno (%AH) contida no óleo e a massa de alfa-humuleno produzida (MAH), por família. Ambas as características mostraram alta herdabilidade (0,82 e 0,79, respectivamente). Magalhães *et al.*, 2002, estudando a influência sazonal na produção de alfa humuleno em erva baleeira, encontrou o valor de 3,73 % para colheitas feitas em novembro, resultado muito próximo ao do presente trabalho (3,71%), cuja colheita também foi realizada em novembro. As magnitudes das estimativas de herdabilidade permitem afirmar que podem ser esperados progressos genéticos significativos ao selecionarmos as progênies mais produtivas.

TABELA 8 Resumo da análise de variância, médias, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à terceira colheita de 37 progênies de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*). Campinas-SP, novembro de 2008.

		Quadrado médio							
		MPAF	MFS	MGS	IC	%OE	MOE	% AH	MAH
FV	GL	g/planta	g/planta	g/planta			g/planta		g/planta
Bloco	3	828690,93**	2913,39*	52350,88**	0,01**	0,0004**	0,23**	0,0002	0,0003*
Progenie	36	239481,41**	2058,00**	10500,03*	0,0007	0,0001**	0,25**	0,002**	0,0006**
Erro	108	60659,74	884,72	6334,59	0,0004	0,00003	0,06	0,0004	0,0001
Média		1568,38	195,08	413,14	0,32	0,60	1,15	3,71	0,04
CV:		15,70	15,25	19,26	6,17	15,24	20,52	21,41	27,10
\hat{h}_m^2		0,75	0,57	0,40	0,32	0,75	0,77	0,82	0,79

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F; **Significativo ao nível de 1% pelo teste F. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno; CV = coeficiente de variação experimental; \hat{h}_m^2 = herdabilidade ao nível de média de progênies.

No protocolo de controle de qualidade do óleo essencial de *Cordia verbenacea* um dos parâmetros de qualidade é a cor do óleo. Este protocolo foi desenvolvido no CPQBA-UNICAMP e diz que a cor do óleo pode variar de amarelo a verde (protocolo PT MDQOF 59 – análise farmacopêica de óleo essencial de *Cordia verbenacea* DC. Edição/revisão: 2/0, de 06/12/2006). Neste trabalho, ao serem feitas as destilações das folhas secas para a obtenção do óleo essencial, foi notado que das 37 progênies analisadas, 22 apresentaram cor azul em pelo menos uma repetição no campo (Figura 1). De acordo com o protocolo, a cor azul reprovava a qualidade do óleo. Ocorre que este protocolo foi desenvolvido com o óleo essencial de uma mistura de centenas de plantas. Lembrando que a cor verde é a mistura da cor amarela com a azul, ao desenvolverem o protocolo de controle de qualidade, os pesquisadores possivelmente encontraram a mistura das cores. No ensaio conduzido no CPQBA-UNICAMP, como cada parcela era composta por uma mistura de apenas 10 plantas, houve oportunidade da cor azul ser encontrada. Esta hipótese, no entanto, não explica porque não foi encontrado óleo essencial de cor verde ao se destilar as parcelas,



FIGURA 1 Óleo de erva baleeira de cor azul

embora tenham sido encontradas tonalidades de amarelo e de azul. A cor em si pode não interferir na qualidade do óleo, mas antes, é um dos parâmetros usados para identificar a matéria prima do qual foi extraído e possíveis adulterações. Por isso sugere-se aqui que novas pesquisas sejam conduzidas para verificar se a cor do óleo indica alguma diferença no seu uso como antiinflamatório.

4.2 Estimativas de Parâmetros Genéticos entre e dentro de Progênes

As estimativas de parâmetros genéticos entre e dentro de progênes na terceira colheita encontram-se na Tabela 9. As progênes mostraram que são diferentes para MPAF, MFS e MGS, com significância de 1% para o teste F. Os coeficientes de variação foram baixos para MFS, MGS e IC e médio para MPAF. As estimativas de herdabilidade entre as progênes foram médias para MPAF (0,44), MFS (0,6) e MGS (0,61). Para IC a estimativa de herdabilidade foi baixa e negativa (-3,09). Resultados negativos para herdabilidade não possuem significado genético, mas antes, refletem a magnitude do quadrado médio do erro experimental em relação à magnitude do quadrado médio das progênes. Em outras palavras, para a característica IC os fatores não controlados tiveram uma variância maior que a variância das progênes. As estimativas de herdabilidade dentro das parcelas foram baixas para MPAF, MFS e MGS. Apesar de serem baixas, mostram que é possível obter ganhos selecionando-se plantas dentro da parcela. Assim, selecionando-se entre e dentro de

progênies, serão obtidos ganhos maiores do que se for feita a seleção apenas entre progênies ou apenas entre plantas.

TABELA 9 resumo da análise de variância, médias, coeficientes de variação experimental e herdabilidades das características, relativas à terceira colheita de 37 progênies de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*), considerando indivíduos dentro da parcela. Campinas-SP, novembro de 2008.

		Quadrado Médio			
		MPAF	MFS	MGS	IC
FV	GL	g/planta	g/planta	g/planta	
Bloco	3	3422433,35**	18695,17**	1666956,03**	0,12798**
Progênie	36	1363619,00**	10934,14**	66403,00**	0,00077
Erro	108	762221,90	4391,76	26019,89	0,00316
Dentro	-	567119,23	7035,51	31802,93	0,00162
Média		1568,40	214,85	485,05	0,31
CV:		11,11	6,82	7,00	3,79
\hat{h}_m^2		0,44	0,36	0,61	-3,09
\hat{h}_d^2		0,16	0,08	0,19	-0,22

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F; **Significativo ao nível de 1% pelo teste F. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; CV = coeficiente de variação experimental; \hat{h}_m^2 = herdabilidade ao nível de média de progênies; \hat{h}_d^2 = herdabilidade dentro de progênies.

4.3 Estimativas de Parâmetros Genéticos entre Progênies com Base em Três Colheitas

Erva baleeira é uma espécie perene, que pode ser regularmente colhida. Por esta razão, a escolha das melhores progênies deve considerar o seu desempenho

em algumas colheitas. A fim de avaliar como as progênies se comportaram nas três colheitas, foi feita a análise de variância isolando-se o quadrado médio da interação progênies x colheitas. Este tipo de análise conjunta só pode ser realizado se as estimativas de variâncias dos erros forem semelhantes e a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo for inferior a 7 (Banzato & Kronka, 1995; Cruz, 2005), como ocorreu com as características analisadas. Os quadrados médios, coeficientes de variação, médias e herdabilidades para cada característica podem ser vistos na Tabela 10.

TABELA 10 resumo da análise de variância, médias, coeficientes de variação experimental e estimativas de herdabilidade das características, considerando três colheitas de erva baleeira (*Cordia verbenacea*). Campinas-SP, novembro de 2008

FV	GL	Quadrado Médio					
		MPAF g/planta	MFS g/planta	MGS g/planta	IC	%OE	MOE g/planta
Bloco (B)	3	1375490,11**	8540,11**	162829,44**	0,03**	0,02	0,27**
Progenie (P)	36	307759,33**	3132,49**	17767,08*	0,002**	0,04**	0,25**
Erro a (BxP)	108	95711,97	1491,61	9793,27	0,0008	0,01	0,06
Colheita (C)	2	23842812,44**	374926,64**	1698375,24**	0,0003	1,35**	26,80**
Erro b (BC)	6	293825,49	3427,93	10576,03	0,0002	0,06	0,14
Interação (PxC)	72	79704,84**	896,14**	3808,53*	0,00005	0,01	0,08**
Erro c (PBC)	216	37402,50	525,30	2428,51	0,00005	0,01	0,02
Média		1121,11	138,88	293,38	0,33	0,44	0,68
CV a		27,59	27,81	33,73	8,65	14,05	34,54
CV b		48,35	42,16	35,05	4,50	37,09	55,54
CV c		17,25	16,50	16,80	2,07	10,81	22,91
\hat{h}^2		0,69	0,52	0,44	0,59	0,69	0,78

*Significativo ao nível de 5% pelo teste F; **Significativo ao nível de 1% pelo teste F. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; CV_{a,b,c} = coeficientes de variação relacionados aos respectivos erros.

Na média das três colheitas, as progênies mostraram-se significativamente diferentes pelo teste F para as características analisadas, com exceção de IC. Esta análise indica que, considerando-se conjuntamente as três colheitas realizadas, as progênies continuam mostrando diferenças entre si, como também mostraram em cada colheita.

As herdabilidades calculadas foram médias e altas para todas as características, variando de 0,52 para MFS a 0,78 para MOE, evidenciando que podem ser esperados ganhos genéticos ao selecionarmos as melhores progênies.

Para as colheitas, ainda de acordo com a Tabela 10, os resultados significativos informam que as colheitas diferiram entre si, ou seja, entre as colheitas realizadas, havia pelo menos uma colheita cujas médias das características diferiam significativamente das outras colheitas. Características importantes para medir a produtividade de erva baleeira, como para MPAF, MFS e MOE, mostraram que houve interação entre as colheitas e as progênies. Isto significa que o comportamento das progênies não é proporcionalmente o mesmo em cada colheita. O resultado não significativo para IC permite afirmar que a proporção entre folhas e galhos se manteve constante, quando os intervalos entre colheitas são de 12 meses, independentemente da idade da planta.

A fim de melhor visualizar as diferenças entre as colheitas, foi organizada a Tabela 11, onde aparecem as médias de produção de cada característica analisadas para cada colheita, com a aplicação do teste de Tukey a 5%.

TABELA 11 Médias das características avaliadas nas três colheitas de erva baleeira (*Cordia verbenacea*)

característica	colheita		
	1	2	3
MPAF	792,31 b	1002,64 ab	1568,38 a
MFS	97,95 c	123,63 b	195,08 a
MGS	206,69 b	260,31 b	413,14 a
%OE	0,30 a	0,42 a	0,60 a
MO	0,36 b	0,52 b	1,15 a

Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam significância de 5% pelo teste Tukey. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial

De forma geral, a terceira colheita foi a que produziu as maiores médias. No caso das características MPAF, MFS e MGS, este fato provavelmente está relacionado à maior idade das plantas, pois houve intervalos de tempo iguais entre as colheitas (12 meses). A característica IC não consta da tabela porque esta característica não apresentou diferença significativa pelo teste F para colheitas (Tabela10). Nas condições desta pesquisa, pode-se inferir que plantas com 3 anos, ainda não alcançaram plena produtividade, pois as características que avaliam biomassa são de uma maneira geral mais altos na terceira colheita avaliada (feita com plantas de quatro anos de idade).

Para a característica %OE, além do intervalo de tempo entre uma colheita e outra, deve-se considerar também a época em que foram feitas, pois o fator ambiental influencia na produção de princípios ativos (Franz, 1996). As duas primeiras foram

realizadas em abril e a terceira foi feita em novembro. Magalhães *et al.*, 2002, avaliou a influência da variação sazonal sobre os rendimentos e composição do óleo essencial de erva baleeira. Estes autores verificaram que as maiores porcentagens de óleo essencial eram obtidas entre os meses de dezembro e abril. No presente trabalho, as duas primeiras colheitas foram feitas em abril e a terceira em novembro. Embora os meses não sejam exatamente os mesmos, podemos supor que as plantas colhidas no presente estudo estavam sob a mesma influência sazonal que o trabalho desenvolvido por Magalhães *et al.*, 2002, ou seja, foram colhidas quando apresentavam maior %OE.

O teste de Tukey para a característica %OE não mostrou diferença significativa, como seria esperado de acordo com a Tabela 10, que mostrou diferenças entre as colheitas. Isto pode ser explicado pelo fato do teste F e do teste Tukey serem estatísticas diferentes. De fato, a média de %OE da terceira colheita é o dobro da média da primeira e maior que da segunda. Magalhães *et al.*, 2002, encontraram valores entre 0,10 e 0,19 para a porcentagem de óleo essencial, valores bem abaixo dos verificados no presente estudo.

Para a característica MOE, a significância da diferença da terceira para as outras duas pode ser explicada pelo aumento da %OE e de MFS.

Os gráficos que se seguem descrevem a variabilidade das características entre progênies, considerando-se a média de três colheitas:

FIGURA 2 Distribuição da característica massa da parte aérea fresca (MPAF), na média de três colheitas

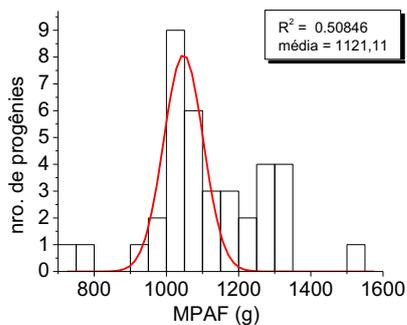


FIGURA 3 Distribuição da característica massa de folhas secas (MFS), na média de três colheitas

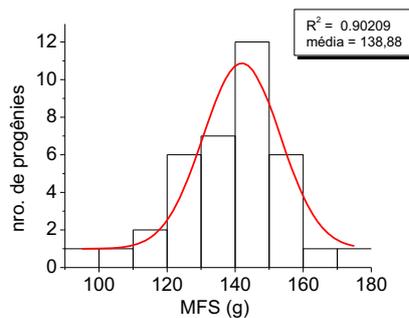


FIGURA 4 Distribuição da característica massa de galhos secos (MGS), na média de três colheitas

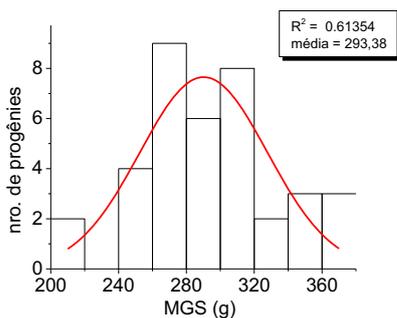


FIGURA 5 Distribuição da característica índice de colheita (IC), na média de três colheitas

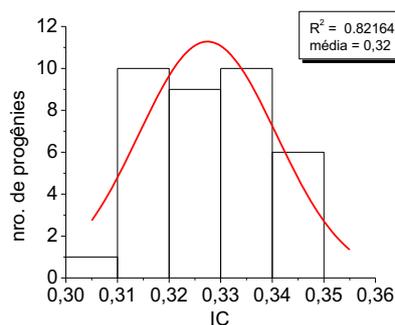


FIGURA 6 Distribuição da característica porcentagem de óleo essencial (%OE), na média de três colheitas

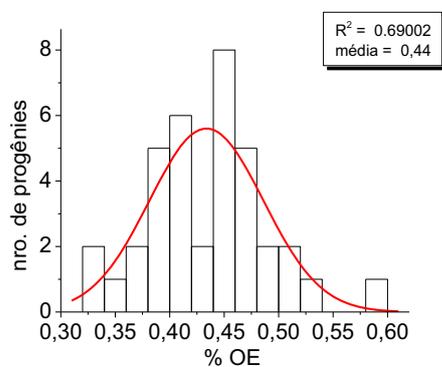
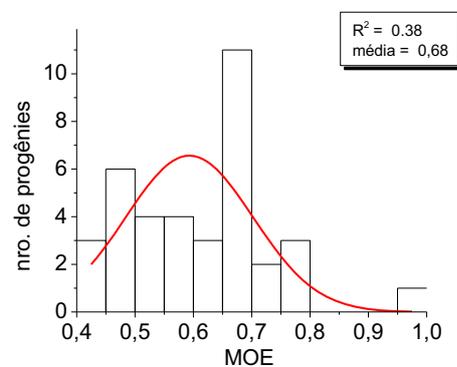


FIGURA 7 Distribuição da característica massa de óleo essencial (MOE), na média de três colheitas



Com o intuito de discriminar as progênies mais produtivas, considerando-se as médias de três colheitas, as médias de produção das características analisadas correspondente a cada família foram ordenadas em ordem decrescente (Tabela 12):

TABELA 12 Médias de características avaliadas em progênies de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*) em três colheitas.

CARACTERÍSTICA											
MPAF		MFS		MGS		IC		%OE		MOE	
progênie	média	progênie	média	progênie	média	progênie	média	progênie	média	progênie	média
37	1519,64	16	170,47	16	370,67	25	0,36	37	0,59	37	0,97
5	1349,50	37	164,53	37	362,86	29	0,35	15	0,53	9	0,78
20	1346,65	32	159,11	10	360,23	6	0,35	26	0,51	25	0,76
10	1335,42	9	157,08	32	346,65	11	0,34	25	0,51	16	0,76
16	1320,26	1	155,14	20	343,78	33	0,34	9	0,50	32	0,72
2	1286,91	20	154,95	9	342,96	1	0,34	34	0,49	27	0,71
30	1278,86	27	152,40	27	336,21	28	0,34	3	0,48	29	0,70
27	1273,87	10	151,17	5	323,05	8	0,33	29	0,48	1	0,70
32	1264,04	25	149,72	30	318,36	15	0,33	30	0,47	6	0,69
31	1244,74	31	149,19	1	311,52	24	0,33	2	0,47	15	0,69
1	1235,91	13	148,33	31	308,94	2	0,33	6	0,47	30	0,69
22	1195,32	22	147,77	12	306,62	3	0,33	27	0,46	2	0,69
33	1186,41	6	146,97	13	303,53	22	0,33	31	0,46	31	0,68
9	1185,32	2	146,12	4	302,94	13	0,33	32	0,45	3	0,66
12	1141,82	29	145,83	36	302,57	31	0,33	7	0,45	36	0,65
13	1135,97	30	145,27	22	301,38	35	0,33	11	0,45	26	0,65
4	1121,23	35	144,88	2	298,11	18	0,33	36	0,45	5	0,65
29	1098,19	5	144,52	35	297,35	7	0,32	1	0,45	20	0,64
15	1077,78	36	143,49	19	292,97	34	0,32	5	0,45	11	0,62
25	1075,91	12	140,20	26	287,70	36	0,32	16	0,44	13	0,62
6	1065,43	3	136,67	3	281,23	19	0,32	17	0,44	10	0,59

continua

TABELA 12 (continuação) Médias de características avaliadas em progênies de meios irmãos de erva baleeira (*Cordia verbenacea*) em três colheitas.

11	1065,23	11	136,56	33	280,42	9	0,32	33	0,42	35	0,58
36	1060,26	33	136,09	21	278,22	16	0,32	18	0,42	33	0,58
3	1049,68	19	134,87	6	276,54	14	0,32	13	0,41	34	0,58
19	1040,79	4	133,74	11	275,41	23	0,32	20	0,41	4	0,54
18	1030,61	8	132,95	23	272,91	32	0,32	28	0,41	8	0,53
23	1021,10	15	130,97	25	272,87	30	0,31	4	0,41	18	0,52
8	1018,06	24	127,57	29	271,51	12	0,31	8	0,40	12	0,51
35	1012,30	26	126,99	15	267,25	5	0,31	35	0,40	17	0,50
34	1007,61	18	124,31	8	265,76	17	0,31	23	0,40	22	0,49
26	1003,69	21	123,88	14	262,65	37	0,31	14	0,40	23	0,49
17	1001,04	23	122,98	24	257,56	20	0,31	10	0,39	14	0,48
21	994,77	14	121,29	17	257,55	27	0,31	21	0,38	24	0,47
14	981,18	34	116,60	18	255,73	21	0,31	24	0,37	21	0,47
24	927,01	17	114,89	34	244,09	4	0,31	12	0,36	19	0,44
7	788,10	28	103,91	28	210,98	26	0,31	22	0,33	7	0,44
28	740,44	7	97,25	7	206,03	10	0,30	19	0,33	28	0,42

MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial

Pode-se notar a presença constante de algumas progênies (p. ex. 16, 37, 32 e 9) entre as maiores médias das características consideradas mais importantes para medir a produtividade em erva baleeira, como MFS, %OE e MOE. De acordo com a Tabela 12, podemos inferir que as progênies exemplificadas são as mais produtivas, considerando-se a média de três colheitas. São, portanto, progênies que possuem características genéticas superiores e devem ser selecionadas para fins de melhoramento.

4.4 Ganhos Esperados por Seleção

Estimar o progresso esperado com a seleção representa uma das aplicações mais importantes da genética quantitativa no fitomelhoramento (Vencovsky & Barriga, 1992). Estimando os ganhos de seleção o melhorista pode orientar programas de melhoramento, prever seu sucesso, escolher ou descartar populações e concentrar seus esforços na medição de caracteres de maior importância e potencialidade de ganho (Cruz, 2005). Pelos ganhos de seleção, o melhorista também tem condições de julgar qual método de seleção deve ser o mais promissor nas condições de seu trabalho, ou ainda porque determinado método não está produzindo os resultados esperados, ou ainda conhecer quanto da variabilidade genética está sendo explorada pelo método adotado (Vencovsky & Barriga, 1992).

Neste trabalho, estimou-se os ganhos de seleção em números absolutos (GS), em gramas, e porcentagem (GS%) em cada colheita, considerando a média das três colheitas e quando a seleção é feita entre e dentro de progênies, na terceira colheita. Comparou-se também quais seriam os ganhos de seleção se fossem adotados os métodos de seleção massal e massal estratificada, com os ganhos de seleção dos métodos entre progênies e entre e dentro de progênies.

A Tabela 13 mostra as estimativas dos ganhos de seleção entre progênies em cada colheita e nas três colheitas, em quatro níveis de intensidade de seleção: 40% (15 progênies); 30% (11 progênies); 20% (7 progênies) e 10% (4 progênies).

TABELA 13 Ganhos por seleção (g/planta e %) entre progênies considerando cada colheita e as três colheitas, com quatro índices de seleção.

característica	progênies selecionadas (% : quantidade)	1ra. Colheita		2da. colheita		3ra. Colheita		as três colheitas	
		GS	GS%	GS	GS%	GS	GS%	GS	GS%
MPAF	40 : 15	130,58	16,48	199,84	19,93	352,99	22,51	213,18	19,01
	30 : 11	156,67	19,77	239,76	23,91	423,51	27,00	255,77	22,81
	20 : 7	189,25	23,89	289,62	28,89	511,58	32,62	308,95	27,56
	10 : 4	237,23	29,94	363,06	36,21	641,30	40,89	387,30	34,55
MFS	40 : 15	11,76	12,00	18,40	14,89	24,98	12,81	16,35	11,77
	30 : 11	14,10	14,40	22,08	17,86	29,98	15,37	19,62	14,13
	20 : 7	17,04	17,39	26,67	21,57	36,21	18,56	23,70	17,06
	10 : 4	21,36	21,81	33,43	27,04	45,39	23,27	29,71	21,39
MGS	40 : 15	33,98	16,44	39,58	15,20	30,66	7,42	33,36	11,37
	30 : 11	40,76	19,72	47,48	18,24	36,79	8,91	40,03	13,64
	20 : 7	49,24	23,82	57,36	22,03	44,44	10,76	48,35	16,48
	10 : 4	61,73	29,86	71,90	27,62	55,71	13,48	60,61	20,66
IC	40 : 15	0,02	5,75	0,02	5,75	0,01	2,47	0,01	4,62
	30 : 11	0,02	6,90	0,02	6,90	0,01	2,97	0,02	5,54
	20 : 7	0,03	8,33	0,03	8,33	0,01	3,59	0,02	6,69
	10 : 4	0,03	10,44	0,03	10,44	0,01	4,49	0,03	8,39
%OE	40 : 15	0,04	13,44	0,05	11,17	0,13	22,19	0,07	16,61
	30 : 11	0,05	16,13	0,06	13,40	0,16	26,62	0,09	19,93
	20 : 7	0,06	19,48	0,07	16,18	0,19	32,15	0,11	24,07
	10 : 4	0,07	24,42	0,09	20,29	0,24	40,31	0,13	30,17

Continua

TABELA 13 (continuação) Ganhos por seleção (g/planta e %) entre progênies considerando cada colheita e as três colheitas, com quatro índices de seleção.

	40 : 15	0,24	67,74	0,12	23,95	0,37	31,85	0,22	32,32
MOE	30 : 11	0,29	81,27	0,15	28,73	0,44	38,21	0,26	38,78
	20 : 7	0,35	98,17	0,18	34,70	0,54	46,16	0,32	46,84
	10 : 4	0,44	123,06	0,23	43,50	0,67	57,86	0,40	58,72
%AH	40 : 15					0,04	20,42		
	30 : 11					0,05	24,50		
	20 : 7					0,06	29,60		
	10 : 4					0,07	37,10		
MAH	40 : 15					0,02	45,21		
	30 : 11					0,02	54,25		
	20 : 7					0,03	65,53		
	10 : 4					0,03	82,14		

MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno.

Pela equação F, pg. 31, nota-se que os ganhos de seleção dependem da intensidade de seleção, do controle parental, da variabilidade genética e da herdabilidade. Por sua vez, quando a variância ambiental for mínima, a variância fenotípica será próxima da variância genotípica, fazendo com que a herdabilidade se aproxime de 1 (equação C, pg. 29). Portanto, os ganhos de seleção também dependem da variação ambiental e da interação genótipo x ambiente.

Ao analisar a Tabela 13, percebe-se que nas médias de três colheitas, os ganhos de seleção em termos absolutos (GS, dado em gramas), quando comparados com os GS obtidos em cada colheita, são em geral inferiores a pelo menos uma das colheitas. Se

forem tomados como exemplo uma intensidade de seleção de 20%, selecionando-se as 7 progênies superiores, têm-se para a característica MFS, ganhos absolutos estimados em 21,36g; 33,43g; 23,27g e 29,71g, respectivamente para a primeira, segunda, terceira e as três colheitas juntas. Os ganhos de seleção calculados em termos de porcentagem (GS%) mostrados na Tabela 13 também foram intermediários para todas as características quando estimados a partir da média de três colheitas se comparados com os GS% estimados para cada colheita. Estimativas de ganhos de seleção com uma espécie selvagem foram calculadas por Rufino *et al.*, 2010, para famílias de meios irmãos de *Lippia alba*. Os autores estimaram ganhos entre 17,5 % e 29 % para características relacionadas à propagação vegetativa, quando aplicada uma intensidade de seleção de 20%. No presente trabalho, quando aplicada uma intensidade de seleção de 20%, os valores variam de 6,69% para IC, até 46,84% para MOE.

A produtividade de um cultivo em plantas medicinais é, em última análise, medida em massa de princípios ativos em determinada área, dentro de certo tempo (princípios ativos/área/tempo). Para a maioria das plantas medicinais brasileiras ainda não se conhece as principais moléculas responsáveis pelo efeito terapêutico, portanto não se pode selecionar para características químicas. Por outro lado, devemos também considerar que as pesquisas farmacológicas atuais e inúmeros fiterápicos são feitos com os extratos totais das plantas, uma vez que o sinergismo entre as centenas e talvez milhares de compostos químicos vem se mostrando mais eficaz do que as moléculas isoladas (Rasoanaivo, 2011; Deharo, 2011). Para a quase totalidade das espécies selvagens, cujas moléculas de interesse ainda não se conhece, mas que já possuem importância econômica, num primeiro momento o mais importante é torná-la agriculturável. Fazendo com que se torne uma opção agrícola, toda a cadeia produtiva do fitoterápico será beneficiada, pois o cultivo fornecerá matéria prima padronizada, em quantidades e com frequência predeterminadas.

Porém, no caso da erva baleeira, duas moléculas, trans-cariofileno e alfa-humuleno, presentes no óleo essencial, foram identificadas pela equipe do professor João Batista Calixto, da Universidade Federal de Santa Catarina como sendo as principais responsáveis pelo efeito antiinflamatório da espécie (Fernandes *et al.*, 2007; Passos *et al.*,

2007). Neste caso, selecionar na direção destes compostos é uma maneira de agregar valor à matéria prima. Neste trabalho foi acompanhada apenas a quantidade de alfa-humuleno presente no óleo essencial da erva baleeira. Monitorar a produção de alfa humuleno, é importante pois, como demonstraram Figueira *et al.*, 2001b, além dos teores de deste composto variar de planta para planta, existem plantas que não o possuem. De acordo com a Tabela 14, baseados nas estimativas da terceira colheita, os ganhos podem ser de até 37,1%, quando aplicada uma intensidade de seleção de 10%, para as condições ambientais do CPQBA-UNICAMP.

Pode-se argumentar que, uma vez que os ganhos de seleção baseados em três colheitas não são superiores ao das colheitas individuais, não seria necessário esperar por três colheitas para fazer a seleção. No entanto, como *C. verbenacea* é uma espécie perene, selecionar com base em três colheitas é mais seguro, pois são selecionadas plantas mais estáveis, que se mantêm produtivas ao longo das colheitas.

A Tabela 14 mostra estimativas de herdabilidade em cada colheita e na média das três colheitas.

TABELA 14 Estimativas de herdabilidade no sentido restrito (h^2) a nível de progênies para diferentes características e colheitas.

COLHEITA	CARACTERÍSTICAS							
	MPAF	MFS	GS	IC	%OE	MOE	%AH	MAH
primeira	0,49	0,40	0,49	0,66	0,43	0,86		
segunda	0,50	0,43	0,41	0,66	0,36	0,48		
terceira	0,74	0,57	0,39	0,32	0,75	0,78	0,81	0,79
3 colheitas	0,69	0,52	0,44	0,59	0,69	0,78		

MFPA= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno

Rufino *et al.* (2010) encontraram valores de herdabilidade acima de 90% para características relacionadas à propagação vegetativa em *Lippia alba* na primeira geração de recombinação, o que pode indicar que as características analisadas eram pouco influenciadas pelo ambiente. No presente estudo, os números obtidos para esta população de erva baleeira, indicam que o ambiente influencia fortemente as características avaliadas. Já Montanari Jr., 2005, trabalhando com progênies de meios irmãos em *Pfaffia glomerata*, obteve baixas estimativas de herdabilidade, inclusive com valores negativos. As possíveis causas destes resultados foram apontados pelo autor como problemas na amostragem, controle ambiental insuficiente e colheita antes da completa expressão fenotípica. Neste trabalho com erva baleeira, se o experimento tivesse sido conduzido com um maior número de repetições e/ou um maior número de plantas na parcela, a precisão experimental poderia ser melhorada e maiores estimativas de herdabilidade talvez pudessem ser conseguidas.

Os ganhos por seleção entre e dentro de progênies são aplicáveis quando as plantas selecionadas do experimento são mantidas para fornecerem as sementes da população melhorada, eliminando-se as demais plantas. Neste caso, como a seleção é materna e paterna, explora-se toda a variância genética aditiva disponível.

Segundo Vencovsky & Barriga, 1992, como a estimativa da variância de progênies ($\hat{\sigma}_p^2$) é feita considerando-se a média das progênies, as estimativas de ganho por seleção só são recomendáveis quando o número de perdas de plantas no experimento não for elevada. No caso do experimento analisado, o número de falhas situou-se em 2,9%, o que não é elevado e, portanto, aceitável.

Para o cálculo das estimativas dos ganhos de seleção dentro de progênies, foram analisadas apenas características agrícolas. Características químicas não foram analisadas porque o número de amostras seria de 740, número muito grande para as

condições do laboratório agrícola do CPQBA-UNICAMP. Os resultados encontram-se na tabela 15.

TABELA 15 Ganhos estimados por seleção (g/planta e %) entre e dentro de progênies na terceira colheita.

característica	entre progênies			dentro de progênies			entre e dentro de progênies	
	progênies selecionadas	GS	GS%	progênies selecionadas	GS	GS%	GS	GS%
	(% : quantidade)			(% : quantidade)				
MPAF	40 : 15	294,67	18,75	40 : 4	667,80	36,28	962,47	55,02
	30 : 11	353,54	22,49	30 : 3	801,22	41,85	1154,76	64,35
	20 : 7	427,05	27,17	20 : 2	967,82	47,79	1394,88	74,96
	10 : 4	535,34	34,06	10 : 1	1213,24	57,46	1748,58	91,52
MFS	40 : 15	16,11	8,29	40 : 4	46,72	21,26	62,83	29,55
	30 : 11	19,32	9,95	30 : 3	56,06	24,91	75,38	34,86
	20 : 7	23,34	12,02	20 : 2	67,71	29,17	91,05	41,19
	10 : 4	29,26	15,06	10 : 1	84,88	35,96	114,14	51,02
MGS	40 : 15	58,01	12,60	40 : 4	139,18	26,67	197,19	39,27
	30 : 11	69,60	15,12	30 : 3	166,99	31,18	236,59	46,30
	20 : 7	84,07	18,26	20 : 2	201,72	36,59	285,78	54,85
	10 : 4	105,38	22,89	10 : 1	252,87	44,57	358,25	67,47

MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos

Para as três características analisadas, pode-se notar que as estimativas dos ganhos de seleção são maiores dentro das progênies do que entre as progênies. Esta é uma informação importante para um programa de melhoramento, pois é um indicativo da eficiência do método adotado. Ao serem selecionadas as melhores plantas pertencentes às melhores

progênes, vê-se pela Tabela 15 que as estimativas dos ganhos de seleção das características analisadas são bastante altas. É importante salientar que as estimativas de ganho de seleção dentro das progênes possivelmente estão inflacionadas, pois a seleção dentro de progênes é massal, não sendo possível neste caso decompor o efeito fenotípico em seus componentes ambiental e genético. Mesmo assim estas estimativas permitem prever que serão conseguidos ganhos selecionando-se as melhores plantas dentro das melhores progênes.

A característica IC não consta da Tabela 15 porque as herdabilidades calculadas foram negativas. Como já dito, não há um sentido biológico numa estimativa de herdabilidade negativa. Antes, reflete a maior proporção da variância dos fatores não controlados no experimento em relação à uma variância genética de menor proporção (Tabela 9, pg. 46).

Quanto maior a estimativa de herdabilidade, maior a estimativa dos ganhos de seleção associada a determinado método. O delineamento experimental adotado na terceira colheita, com coleta de dados individuais dentro das parcelas (seleção entre e dentro de progênes), permite comparar este método com os métodos como seleção entre progênes, seleção massal e seleção massal estratificada (seleção de indivíduos dentro de cada bloco).

A Tabela 16 compara as estimativas de herdabilidade, entre estes quatro métodos segundo os dados obtidos na terceira colheita.

TABELA 16 Herdabilidades estimadas de características segundo os métodos de seleção recorrente entre progênes de meios irmãos, dentro de progênes de meios irmãos, massal e massal estratificada para intensidade de seleção de 20%.

HERDABILIDADE	CARACTERÍSTICA			
	MPAF	MFS	MGS	IC
entre progênes	0,58	0,36	0,52	-1,09
dentro de progênes	0,21	0,08	0,16	-0,08
massal estratificada	0,25	0,12	0,21	-0,09
massal	0,24	0,12	0,17	-0,07

MFPA= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita

Pode-se notar que para as características avaliadas, as estimativas de herdabilidade calculadas para seleção entre progênes mostrou-se sempre muito superior às estimativas calculadas para seleção massal e massal estratificada. Para a característica MFS por exemplo, ela foi três vezes mais alta quando estimada em função da seleção entre progênes quando comparada às herdabilidades massal e massal estratificada. As herdabilidades estimadas para IC foram negativas, o que, como já foi dito, não tem significado biológico.

A partir das herdabilidades estimadas, foram calculados os ganhos de seleção que podem ser obtidos ao ser empregado determinado método de seleção. A Tabela 17 compara os ganhos de seleção entre os métodos entre progênes de meios irmãos, entre e dentro de progênes de meios irmãos, massal estratificada e massal quando aplicada uma intensidade de seleção de 20%.

TABELA 17 Ganhos estimados de seleção de características para os métodos de seleção recorrente entre progênes de meios irmãos, entre e dentro de progênes de meios irmãos, massal e massal estratificada, na terceira colheita, para uma intensidade de seleção de 20%.

MÉTODO DE MELHORAMENTO	CARACTERÍSTICA					
	MPAF		MFS		MGS	
	GS	GS%	GS	GS%	GS	GS%
entre progênes	427,1	27,2	23,3	12,0	84,1	18,3
entre e dentro de progênes	1394,9	75,0	91,1	41,2	285,8	54,8
massal estratificada	277,5	17,7	13,3	6,9	53,8	11,7
massal	274,4	17,5	13,3	6,8	47,7	10,4

MPAF = massa fresca da parte aérea; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos

A comparação entre métodos de seleção foi feita apenas para MPAF, MFS e MGS porque somente para estas características foram avaliadas plantas individuais. Para as outras características os dados foram baseados em média por parcela.

Por esta tabela, pode-se perceber que, para a população estudada, o método de seleção recorrente entre e dentro de progênies de meios irmãos é nitidamente mais eficiente. Os ganhos de seleção entre e dentro de progênies são mais de três vezes superiores aos ganhos de seleção entre progênies, para as três características. Quando comparadas a seleção entre progênies com a seleção massal estratificada e massal, os ganhos são cerca de uma vez e meia (1,5) superiores, mostrando que este método é o segundo mais eficiente para a população estudada. Já a comparação entre os dois tipos de seleção massal, com e sem controle ambiental, não mostraram diferenças significativas entre si.

4.5. Correlações

O aproveitamento rápido e eficiente da variabilidade genética existente é essencial para o sucesso de um programa de melhoramento, por esta razão os estudos sobre correlações entre as características avaliadas constituem um dos caminhos para se ganhar tempo e reduzir esforços (Cruz, 2005).

Estimar as correlações entre as características sob estudo permite que se aprimore o material genético não apenas para características isoladas, mas para um conjunto delas. O estudo das correlações também permite avaliar as respostas indiretas esperadas para uma característica de baixa herdabilidade ou difícil de medir, quando selecionada outra característica de fácil medição ou alta herdabilidade (Cruz, 2005; Vencovsky & Barriga, 1992).

A partir dos dados obtidos na terceira colheita, foram estimadas três tipos de correlações: a fenotípica (r_F), a genética (r_G) e a ambiental (r_A).

Na interpretação das correlações deve-se considerar sua magnitude e seu sinal. Quanto mais alta a magnitude, mais linear é a relação entre as características estudadas. Se o sinal é positivo, isto indica que as duas características são favorecidas ou prejudicadas pelas mesmas causas de variações. Se o sinal é negativo, interpreta-se que uma característica é favorecida em detrimento da outra.

As correlações fenotípicas são as correlações diretamente observadas e constam da Tabela 18.

TABELA 18 Correlações fenotípicas entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.

CORRELAÇÃO FENOTÍPICA								
	MPAF	MFS	MGS	IC	% OE	MOE	% AH	MAH
MPAF		0,80	0,84	-0,20	0,25	0,63	0,07	0,56
MFS			0,90	0,11	0,24	0,72	-0,20	0,38
MG				-0,33	0,16	0,62	-0,08	0,41
IC					0,18	0,17	-0,27	0,11
% OE						0,80	-0,20	0,46
MOE							-0,24	0,56
% AH								0,66

MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno

Como as correlações fenotípicas são formadas por dois componentes, o genético e o ambiental, é necessário desdobrá-las em seus componentes para distinguir as suas causas. O resultado deste desdobramento é mostrado nas Tabelas 19 e 20.

TABELA 19 Correlações genéticas entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.

CORRELAÇÃO GENÉTICA								
	MPAF	MFS	MGS	IC	% OE	MOE	% AH	MAH
MPAF		0,88**	1,03**	-0,01	0,37	0,70**	0,14	0,67**
MFS			0,92**	0,60	0,40	0,77**	-0,24	0,39*
MGS				0,23	0,34	0,71**	0,05	0,52*
IC					0,30	0,46	-0,61	-0,19
% OE						0,82**	-0,23	0,47**
MOE							-0,25	0,54**
%AH								0,67**

** $\alpha \leq 0,01$ pelo teste t; * $\alpha \leq 0,05$ pelo teste t. MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno

As correlações genéticas são causadas por pleiotropia e ligações gênicas em desequilíbrio (Falconer, 1981; Cruz, 2005). Ligação gênica em desequilíbrio é um fenômeno transitório, que ocorre quando conjuntos gênicos ainda estão segregando e permutando. Correlações devido a este último fenômeno tendem a desaparecer em gerações mais avançadas. Na Tabela 20 podem ser observadas as estimativas das correlações genéticas obtidas para as características analisadas.

Podem ser observadas correlações genéticas fortes e positivas (acima de 0,60) entre as características importantes para medir a produtividade da erva baleeira, como

MPAF/MOE; MPAF/MAH; MFS/MOE; %OE/MOE; %AH/MAH. Como as características MPAF e MFS estão correlacionadas positivamente com MOE, podemos ter ganhos em produção de óleo selecionando indiretamente para MPAF e MFS, que são características mais fáceis de mensurar. O mesmo acontece com MPAF/MAH, pois podemos incrementar a produção de MAH selecionando para MPAF. No presente caso, as correlações são evidentes, pois quanto maior a massa de folhas, maior a massa de óleo essencial e maior a massa de alfa-humuleno. No entanto, algumas características que medem indiretamente a produtividade também estão forte e positivamente correlacionadas, como MPAF/MOE; MPAF/MAH; MFS/MOE; MGS/MOE; %OE/MOE e %AH/MAH. Assim, selecionando para MPAF, espera-se obter ganhos em MOE e MAH. Da mesma forma, espera-se obter ganhos em MOE ao se fazer a seleção para MFS, MGS e %OE. Ou seja, ao selecionar para características de fácil mensuração, podem ser obtidos ganhos em características mais difíceis de mensurar. Deve-se, no entanto, fazer a ressalva de que o experimento foi conduzido num espaçamento determinado, que pode não ser o melhor para a espécie. Desta forma, a seleção para %OE só causará um incremento em MOE se o mesmo espaçamento for mantido. Numa outra densidade de plantio, a correlação %OE/MOE pode não se repetir, pois em outro espaçamento a MOE não será a mesma. Por esta razão, as características MPAF, MFS e MGS, são mais indicadas para seleção quando se deseja ganhos indiretos em MOE, uma vez que a massa da parte aérea (fresca ou seca) depende da densidade de plantio adotada.

As correlações ambientais indicam se as características estudadas são afetadas pelo ambiente de maneira análoga ou não. Se duas características possuem correlação ambiental alta e positiva, isto é um indicativo de que o ambiente as afeta na mesma direção. Se a correlação for alta e negativa, conclui-se que o ambiente afeta ambas as características, porém em direções opostas. As correlações ambientais encontradas entre as características estudadas encontra-se na Tabela 20.

TABELA 20 Correlações ambientais entre características de progênies de meios irmãos em uma população de meios irmãos de *C. verbenacea*, estimadas na terceira colheita.

CORRELAÇÃO AMBIENTAL								
	MPAF	MFS	MGS	IC	%OE	MOE	% AH	MAH
MPAF		0,67	0,71	-0,46	-0,12	0,41	-0,17	0,20
MFS			0,90	-0,27	-0,06	0,67	-0,13	0,41
MGS				-0,64	-0,08	0,60	-0,15	0,34
IC					0,08	-0,16	0,11	-0,05
%OE						0,75	-0,12	0,43
MOE							-0,17	0,63
%AH								0,61

MPAF= massa da parte aérea fresca; MFS= massa de folhas secas; MGS = massa de galhos secos; IC = índice de colheita; %OE = porcentagem de óleo essencial; MOE = massa de óleo essencial; %AH = porcentagem de alfa humuleno; MAH = massa de alfa humuleno

Existem correlações ambientais fortes (acima de 0,60) e positivas para MPAF/MFS; MPAF/MGS; MFS/MOE; MGS/MOE; %OE/MOE, MOE/%AH e %AH/MAH. Podemos depreender da tabela 21 que o ambiente influencia estes pares de características na mesma direção. Forte correlação ambiental negativa foi estimada para MGS/IC, o que indica que se o ambiente favorece MGS, desfavorece IC e vice versa.

5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- Nas progênies de *C. verbenacea* estudadas há variação genética significativa que pode ser explorada por seleção para fins de melhoramento de características relacionadas à qualidade química e produção de biomassa;

- Para estabelecer um programa de melhoramento da espécie, a seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos demonstrou ser o método mais adequado quando comparado aos métodos de seleção entre progênies, massal e massal estratificada.

- Até os três anos de idade as plantas ainda não atingiram plena produção.

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. M. A. **Bioprospecção**: coleta de material biológico com a finalidade de explorar os recursos genéticos. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 35 p. (Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 17).

BALBANI, A. P. S.; DULCE, H. S. S.; MONTOVANI, J. C. Patents of drugs extracted from brazilian medicinal plants. **Expert Opinion on Therapeutic Patents**, London, v. 19, n. 4, p. 461-473, 2009.

BANZATTO, A. D.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARROSO, I. C. E. et al. O gênero *Cordia* L.: botânica, química e farmacologia. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v. 20, n. 1, p. 15-34, 2002.

BORHIDI, A.; GONDAR, E.; OROSZ-KOVÁCS, Z. The re-consideration of the genus *Cordia* L. **Acta Botanica Hungarica**, Budapest. v. 34, n. 3-4, p. 375-423, 1988.

BRASIL. Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 8353, 15 maio 996. Poder Legislativo.

BRASIL. Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a proteção de cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 25162, 7 nov. 1997. Poder Legislativo.

BRASIL. Medida provisória n. 2.186-16, de 23 de agosto de 2001. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 11, 24 ago. 2001. Poder Legislativo.

COLEMAN, J. R. Chromosome numbers in angiosperms collected in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 3, p. 533-549, 1982.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 22. ed. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

DEHARO, E.; GINSBUG, H. Analysis of additivity and synergism in the anti-plasmodial effect of purified compounds from plant extracts. **Malaria Journal**, Liverpool, v. 10, p. S5, 2011. Supplement.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 402 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 278 p.

FARIAS, M. R. Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais. In: SIMÕES, C. M. O. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Editora da UFRGS; UFSC, 1999. p. 197.

FERNANDES, E. S. et al. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 27, n. 569, p. 228-236, 2007.

FIGUEIRA, G. M.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P. M. Aspectos da produção de mudas de erva baleeira *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem & Schult.. In: JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS, 5., 2001, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, FMB, 2001a. 1 CD-ROM.

FIGUEIRA, G. M. et al. Características morfológicas fitoquímicas de *Cordia curassavica* e estudo da propagação *in vitro*. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 3., 2001. Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001b. 1 CD-ROM.

FIGUEIRA, G. M. et al. Desenvolvimento e caracterização de marcadores microsatélite para análise genética de *Cordia verbenacea*. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 17., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Plantas Mediciniais, 2006. 1 CD-ROM.

FIGUEIRA, G. M. et al. Development and characterization of microsatellite markers for *Cordia verbenacea* (boraginaceae), an important medicinal species from the Brazilian coast. **Conservation Genetics**, New York, v. 11, n. 3, p. 1127-1129, 2009.

FRANZ, C. Selection and breeding fundamentals of medicinal plant quality. In: COLLOQUE MEDIPLANT, 1990, Conthey. **Actes...** Conthey: Medipant, 1990. p. 11-35.

FRANZ, C. Zuechtungsforschung und zuechtung an arznei- und gewuerzpflanzen. **Arznei- und Gewuerzpflanzen**, Stuttgart, v. 1, p. 30-38, 1996.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

GOTTSCHLING, M. et al. Congruence of *Cordiaceae* (Boraginales) inferred from ITS1 sequence data with morphology, ecology, and biogeography. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 92, n. 3, p. 425-437, 2005.

HERNÁNDEZ, T. et al. Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlan de las Salinas, Puebla (Mexico). **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 88, p. 181-188, 2003.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1983. 578 p.

KHANNA, K. R.; SHUKLA, S. Genetics of secondary plant products and breeding for their improved content and modified quality. In: KHANNA, K. R. **Biochemical aspects of crop improvement**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 283-323.

KVIECINSKI, M. R. et al. Study of the antitumor potential of brazilian *Bidens pilosa* L., *Casearia sylvestris* S., *Cordia verbenacea* DC and *Croton celtidifolus* B. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS, 21., 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais, 2010. 1 CD-ROM.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544 p.

MAGALHÃES, P. M. et al. Variação sazonal dos rendimentos da erva baleeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS, 27., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais, 2002. 1 CD-ROM.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Características reprodutivas das espécies vegetais da planície litorânea. In: MARQUES, M. C. M; BRITZ, R. M. (Org.). **História natural e conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: UFP, 2005. p. 85-101.

MATIAS, E. F. F. et al. Screening of *in vitro* phototoxic activity of methanol extract *Croton campestris* A., *Ocimum gratissimum* L., *Cordia verbenacea* DC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS, 21., 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais, 2010. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, R. et al. Effect of two active compounds obtained from the oil of *C. verbenacea* on the acted inflammatory responses elicited by LPS in the rat paw. **British Journal of Pharmacology**, London, v. 151, n. 5, p. 618-627. 2007.

MILLER, J. S.; GOTTSCHLING, M. Generic classification in the Cordiaceae (Boraginales): resurrection of the genus *Varronia* P. Br. **Táxon**, Utrecht, v. 56, n. 1, p. 163-169, 2007.

MONTANARI JUNIOR., I. **Avaliação de genótipos de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen, visando seu cultivo comercial**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Vegetal)-Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

MONTANARI JUNIOR, I. Aspectos do cultivo comercial de erva baleeira. **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, v. 3, n. 2, p. 14-15, 2000.

MOREIRA, M. D. Compostos de plantas com atividade inseticida a coleópteros-praga de produtos armazenados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 909-915, 2007.

NOWICKE, J. W.; RIDGWAY, J. E. Pollen studies in the genus *Cordia* (Boraginaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 60, n. 6, p. 584-591, 1973.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo**: quadrícula de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1977. Mapa 1:100.000.

OLIVEIRA, L. G. S. et al. Avaliação da atividade antifúngica e toxicidade do extrato etanólico de *Cordia verbenacea*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS, 21., 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais, 2010. 1 CD-ROM.

PANK, F. Adaptation of medicinal and aromatic plants to contemporary requirements by breeding: aims, methods and trends. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, p. 39-42, 2006. Número especial.

PASSOS, G. F. et al. Anti-inflammatory and anti-allergic properties of the essential oil and active compounds from *Cordia verbenacea*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 110, n. 2, p. 323-333, 2007.

PIANOWSKI, L. Primeiro fitomedicamento baseado em planta Brasileira é um antiinflamatório. **Jornal Fyotomédica**, São Paulo, v. 1, p. 2-3, 2005.

RAMALHO, A. P. M.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. Análise de grupos de experimentos: análise conjunta. In: RAMALHO, M. A. P. et al. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. p. 128-133.

RASOANAIVO, P. et al. Whole plant extracts versus single compounds for the treatment of malaria: synergy and positive interactions. **Malaria Journal**, Liverpool, v. 10, S4, 2011. Supplement.

- ROLDÃO, E. F. et al. Evaluation of the antiulcerogenic and analgesic activities of *Cordia verbenacea* DC (Boraginaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, n. 119, p. 94-98, 2008.
- RUFINO, E. R. et al. Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres relacionados ao vigor de estacas em *Lippia alba*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 779-785, 2010.
- RYAN, M. P. Patent incentives: technology markets, and public-private bio-medical innovation networks in Brazil. **World Development**, Oxford, v. 38, n. 8, p. 1082-1093, 2010.
- SAKAI, M. Chá. In: RAIJ, B. V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, p. 15.5-15.6, 2000.
- SAMUELSSON, G. Crude drugs. In: _____. **Drugs of natural origin**. 4th ed. Stockholm: Swedish Pharmaceutical Press, 1999. p. 36-37.
- SCHLEMPER, S. R. M. et al. Atividade antifúngica dos óleos essenciais e extratos etanólicos de *Aloysia selovii*, *Cordia verbenacea* e *Ocimum gratissimum*. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 26., 2000, Recife. **Anais...** Recife: Imprensa Universitária da UFPE, 2000. p. 108.
- SERTIÉ, J. A. et al. Pharmacological assay of *Cordia verbenacea*. Part 1. Anti-inflammatory activity and toxicity of the crude extract of the leaves. **Planta Medica**, Stuttgart, n. 54, v. 1, p. 7-10, 1988.
- SERTIÉ, J. A. et al. Antiinflammatory activity and sub-acute toxicity of artemetin. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 56, n. 1, p. 36-40, 1990.
- SERTIÉ, J. A. et al. Pharmacological assay of *Cordia verbenacea* III: oral and topical anti-inflammatory activity and gastotoxicity of a crude leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 31, n. 2, p. 239-247, 1991.
- TICLI, F. K. et al. Rosmarinic acid, a new snake venom phospholipase A2 inhibitor from *Cordia verbenacea* (Boraginaceae): antiserum action potentiation and molecular interaction. **Toxicon**, New York, v. 46, n. 3, p. 318-327, 2005.

VAZ, A. P. A. et al. Biomassa e composição química de genótipos melhorados de espécies medicinais cultivadas em quatro municípios paulistas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Belo Horizonte, v. 41, n. 5, p. 869-872, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Componentes da variação fenotípica: análise em um ambiente. In: _____. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. p. 84-90.

WHO/IUCN/WWF. **The Chiang Mai declaration: saving lives by saving plants**. Chiang Mai, 1988. Disponível em: <http://www.herbera.com/herb/maga/03_05e.htm>. Acesso em: 21 jun. 2011.

ZRYD, J. P. Génétique de la régulation de la production des métabolites secondaires. In: MEDIPLANT CONFERENCE, 2., Conthey, 1992. **Proceedings...** Conthey, 1992. p. 51-57.



FIGURA 9 Aspecto da erva baleeira (*Cordia verbenacea*) com frutos e flores



FIGURA 10 Aspecto da inflorescência de erva baleeira, florescimento desuniforme.



FIGURA 11 Colheita do experimento



FIGURA 12 Tomada de dados do experimento



FIGURA 13 Destilação do óleo essencial e preparação das amostras para análise