



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE

**ANÁLISE MORFOAGRONÔMICA E QUÍMICA DE
PROGÊNIES C₂ DE *Lippia alba* E ATIVIDADE FORMICIDA
DOS ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA *Acromyrmex balzani***

WILLIAM SANTOS DE JESUS

2022



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

WILLIAM SANTOS DE JESUS

**ANÁLISE MORFOAGRONÔMICA E QUÍMICA DE PROGÊNIES C₂ DE *Lippia alba*
E ATIVIDADE FORMICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA *Acromyrmex*
*balzani***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

J58a	Jesus, William Santos de Análise morfoagronômica e química de progênies C₂ de <i>Lippia alba</i> e atividade formicida dos óleos essenciais contra <i>Acromyrmex balzani</i> / William Santos de Jesus; orientador Arie Fitzgerald Blank / – São Cristóvão, SE, 2022. 70 f.: il. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2022.
1. Agro biodiversidade. 2. Erva-cidreira. 3. Essências e óleos essenciais. 4. Plantas medicinais. I. Blank, Arie Fitzgerald, orient. II. Título.	
CDU:582.929.4	

WILLIAM SANTOS DE JESUS

**ANÁLISE MORFOAGRONÔMICA E QUÍMICA DE PROGÊNIES C₂ DE *Lippia alba*
E ATIVIDADE FORMICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA *Acromyrmex*
*balzani***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 30 de agosto de 2022.

Prof.^a Dr.^a Daniela Aparecida de Castro Nizio (UFS/PPGAGRI)

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz (UFU)

Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank
UFS/PPGAGRI
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE - BRASIL

*A Deus, meus pais, amigos e orientadores,
assim como a todos que contribuíram na
construção deste trabalho*
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todo auxílio e força dados ao longo da caminhada para superar as adversidades. À minha família por toda paciência e apoio incondicional em minha busca para alcançar meus objetivos, a minha mãe, exemplo de pessoa que não mediu esforços para me ajudar e motivar a conquistar meus objetivos.

À Universidade Federal de Sergipe e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, pela oportunidade de realização do mestrado e suporte financeiro. Ao meu orientador, o Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank, por ser um exemplo de profissionalismo e dedicação na vida acadêmica, e saber lidar de forma para extrair o máximo e melhor dos seus alunos. À professora Dr^a. Daniela Aparecida de Castro Nizio, por sua ajuda, dedicação e conselhos durante toda a pós. À equipe do GPMACO – Grupo de Pesquisa em Plantas Medicinais, Aromáticas, Condimentares e Olerícolas: Emília, Rosemeire, Vinícius, Ryan e Ysabelle. Aos antigos membros do grupo que me acolheram e ajudaram nas realizações das pesquisas e trabalhos de campo, entre eles: Jéssika Andreza, Amanda e Vanderson.

Aos meus amigos de longa data que a UFS me proporcionou, os quais foram e são imprescindíveis para diversos momentos desde bons e ruins, entre eles José Carlos, Luis Fernando e Gencivaldo, os quais tornaram mais divertida a vida acadêmica e são companheiros de longas viagens que realizamos desde o início da graduação até seu fim e demais momentos até agora. À Larissa, Vanderson, Thiago, Idamar, Jacilene e Gilmara que são amigos ímpares que tive o prazer de conviver em diversos momentos.

À Dr.^a Fabiany de Andrade Brito, por sua grande contribuição e auxílio nos testes com formigas, por sempre se disponibilizar para o desenvolvimento das pesquisas.

À Prof.^a Dr.^a Terezinha e sua equipe pela contribuição na identificação dos compostos químicos. A toda equipe técnica e demais funcionários da Fazenda Experimental “Campus Rural da UFS” por sempre me auxiliar nas pesquisas e experimentos de campo.

A todos os professores que contribuíram com ensinamentos durante toda a minha formação até o presente momento.

Agradeço *in memoriam* ao amigo Seu José, o qual nos deixou, mas sempre confiei e contei com sua ajuda no deslocamento para realização dos experimentos no Campus Rural desde o início da pós-graduação.

O meu mais sincero obrigado a todos!!!!

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Aspectos botânicos e usos de <i>Lippia alba</i>	2
2.2. Diversidade química e atividades biológicas dos óleos essenciais de <i>Lippia alba</i>	3
2.3. Óleos essenciais no controle de formigas cortadeiras.....	4
2.4. Melhoramento genético de plantas medicinais	6
2.5. Seleção recorrente.....	7
2.6. Influência da época de colheita na produção de espécies aromáticas.....	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
4. ARTIGO 1: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE PROGÊNIES DE <i>Lippia alba</i>	19
4.1. Introdução.....	20
4.2. Material e métodos	21
4.2.1 Local e material vegetal	21
4.2.2 Delineamento experimental e manejo.....	21
4.2.3 Caracterização morfoagronômica	22
4.2.4 Análises estatísticas	22
4.3. Resultados.....	23
4.4. Discussão	25
4.5. Conclusões.....	25
Os teores de óleo essencial de progênies de 2º ciclo não foram elevados em relação aos acessos e progênies de 1º ciclo, sendo indicado o aumento da base genética, através da adição de genótipos do quimiotipo carvona com características morfológicas e agronômicas de interesse para recombinação em um 3º ciclo.	25
4.6. Referências Bibliográficas.....	25
5. ARTIGO 2: DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUÍMICO DE PROGÊNIES DE <i>L. alba</i> COLHIDAS NA ÉPOCA SECA E CHUVOSA E TOXICIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA <i>Acromyrmex balzani</i>	38
5.1. Introdução.....	39
5.2. Material e métodos	40
5.2.1 Local e material vegetal	40
5.2.2 Ensaio de competição de progênies	40
5.2.3 Caracterização agronômica das progênies em diferentes épocas	41
5.2.4 Caracterização química.....	41
5.2.5 Atividade formicida	41
5.2.6 Análises estatísticas	42
5.3. Resultados.....	42
5.4. Discussão	44
5.5. Conclusão	46
5.6. Referências Bibliográficas.....	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura	Página
1 A: Fruto de <i>Lippia alba</i> em maturidade fisiológica, colhido para retirada das sementes. B: Progenies germinadas das sementes colhidas no ensaio de recombinação de alelos.....	33
2 A: Mudanças multiplicadas a partir das progenies matrizes de 2º ciclo. B: Adubação com esterco bovino curtido nas covas de plantio. C: Muda plantada na área experimental.....	34
3 Área experimental da competição de progenies de <i>L. alba</i> de 2º ciclo de seleção recorrente e seus parentais	35
4 Dendrograma bidimensional representando a similaridade entre progenies e parentais de <i>L. alba</i> quanto à similaridade baseada nas variáveis morfoagronômicas.....	36
5 Distribuição das variáveis morfoagronômicas das progenies de <i>Lippia alba</i> em relação aos dois componentes principais através da análise de componente principal (ACP)	37

ARTIGO 2

Figura	Página
1 Dendrograma representando a similaridade entre genótipos de <i>Lippia alba</i> quanto à composição química do óleo essencial, em duas épocas de colheita: A-seca (12/2020) e B-chuvosa (07/2021)	54
2 Médias dos principais constituintes químicos do óleo essencial de genótipos de <i>Lippia alba</i> colhidos na época seca e chuvosa, referente aos grupos formados na análise de agrupamento.....	55
3 Distribuição dos constituintes químicos do óleo essencial de genótipos de <i>Lippia alba</i> em relação a dois componentes principais, em duas épocas de colheita: A -seca (12/2020) e B - chuvosa (07/2021)	56
4 Mortalidade (%) de formigas <i>Acromyrmex balzani</i> tratadas com óleos essenciais de genótipos de <i>Lippia alba</i> colhidos nas estações seca e chuvosa, aplicados via fumigação (2,0 µL. L ⁻¹ de ar)	57
5 Mortalidade (%) de formigas <i>Acromyrmex balzani</i> tratadas com óleos (OE) essenciais de genótipos de <i>Lippia alba</i> e com o composto isolado carvona, em função de diferentes concentrações para OE, e concentrações equivalentes de carvona no OE aplicados via fumigação	58

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela	Página
1 Principais espécies vegetais e constituintes químicos majoritários dos óleos essenciais com atividade formicida sobre formigas do gênero <i>Acromyrmex</i> .	6

ARTIGO 1

Tabela	Página
1 Combinações de cores vermelha, verde e azul e seus códigos hexadecimais	28
2 Resumo da análise de variância para variáveis morfoagronômicas do segundo ciclo de seleção recorrente de <i>Lippia alba</i> e as médias dos acessos e progênies C ₁ e C ₂ para as variáveis avaliadas	29
3 Valores médios para altura de planta (AP), largura de planta (LP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), Comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), razão do comprimento/largura da folha (CF/LF), distância entre os nós (EN) e hábito de crescimento (HC) das progênies de <i>Lippia alba</i> de segundo ciclo de seleção e seus parentais	30
4 Médias para teor de óleo essencial (TOE), rendimento de óleo essencial (ROE) e massa seca (MS) de genótipos do programa de melhoramento genético de <i>L. alba</i>	31
5 Valores médios ($\pm$ desvio padrão) para variáveis morfológicas e agronômicas dos grupos formados na análise de agrupamento de genótipos de <i>L. alba</i>	32

ARTIGO 2

Tabela	Página
1 Dados meteorológicos da região de São Cristóvão, Estado de Sergipe, Brasil, nos meses de colheitas no experimento de competição de progênies de <i>Lippia alba</i>	49
2 Média dos constituintes químicos e teor de óleo essencial de genótipos de <i>Lippia alba</i> colhidos na época seca (12/2020) e na época chuvosa (07/2021) em São Cristóvão - SE	50
3 Resumo da análise de variância para teor de óleo essencial e massa seca de genótipos de <i>Lippia alba</i> colhidos na época seca (12/2020) e chuvosa (07/2021) em São Cristóvão - SE	51
4 Resumo da análise de variância para os principais compostos nas épocas seca e chuvosa.....	52
5 Resumo da análise da variância para mortalidade de formigas <i>Acromyrmex balzani</i> tratadas com óleos essenciais de genótipos de <i>Lippia alba</i> colhidos nas estações seca e chuvosa	53

RESUMO

JESUS, William Santos de. **Análise morfoagronômica e química de progênies C₂ de *Lippia alba* e atividade formicida dos óleos essenciais contra *Acromyrmex balzani***. São Cristóvão: UFS, 2022. 59p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade). *

A *Lippia alba* é uma erva popular brasileira conhecida como cidreira, que apresenta diferentes perfis químicos no óleo essencial. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho morfoagronômico e químico de progênies de *L. alba* provenientes do segundo ciclo de seleção recorrente, em diferentes épocas, e avaliar a atividade formicida de seus óleos essenciais (OEs). Foi realizada a recombinação dos acessos: LA56; LA-57; LA-70 e foram obtidas progênies superiores que foram selecionadas do primeiro ciclo de seleção recorrente (C₁): LA-56-03; LA-57-10; LA-70-01, a partir das quais foram obtidas cinco progênies do segundo ciclo C₂: LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01. O experimento foi conduzido na fazenda experimental “Campus Rural da UFS” utilizando os 11 genótipos. Os OEs foram obtidos por hidrodestilação e posteriormente analisados quimicamente por cromatografia gasosa para determinar seus constituintes. A partir da avaliação morfoagronômica foi possível verificar que a maioria dos genótipos apresentou hábito de crescimento ereto, com médias variando de 45,92 a 94,42 cm para altura de planta; de 94,33 a 397,75 cm para largura de planta; de 2,38 a 6,51 cm² para a área foliar; de 2,76 a 3,82 cm para comprimento da folha; de 1,34 a 2,35 cm para largura da folha; de 2,75 a 5,08 cm para comprimento de entrenós; a massa seca variou de 3,43 a 30,53 g.planta⁻¹, o teor médio de OE variou de 0,83 a 3,39% e rendimento de OE entre 0,05 e 1,02 mL.planta⁻¹. No estudo do efeito da época de colheita, observou-se que para o teor de óleo essencial, a média geral de produção na época seca (2,18 %) foi maior que a da época chuvosa (1,50 %). Dentro da época seca, todas as progênies C₂ obtiveram médias inferiores às das progênies C₁ e de seus acessos parentais. Na análise de agrupamento baseada na composição química dos óleos essenciais, verificou-se a formação de dois grupos em ambas as épocas de colheita. O grupo 1 foi constituído por 10 dos 11 genótipos avaliados, e se caracterizou pelas maiores médias dos compostos carvona e limoneno. Dentro do grupo 1, observou-se ainda a presença de 2 subgrupos. O grupo 2 foi formado por uma única progênie C₂ (LA-57-10-02) e caracterizou-se pelos compostos germacreno D (20,77%), mirceno (15,03%), (E)-cariofileno (6,10%), (E)-nerolidol (5,91%) e linalol (5,80%). De forma geral, os óleos essenciais obtidos na época seca proporcionaram maior mortalidade (45,13%) do que quando obtidos na época chuvosa (37,01%). Os genótipos LA-56-03-01 e LA-57-10-02, cujos óleos essenciais possuíam menos de 40% de carvona, superaram a mortalidade proporcionada pelo composto isolado.

Palavras-chave: *Lippia alba*, Verbenaceae, seleção recorrente, óleos voláteis, carvona, atividade formicida.

* Comitê Orientador: Arie Fitzgerald Blank – UFS (orientador), Daniela Aparecida de Castro Nizio – UFS (coorientadora).

ABSTRACT

JESUS, William Santos de. **Morphoagronomic and chemical analysis of C₂ progenies of *Lippia alba* and formicidal activity of its essential oils against *Acromyrmex balzani***. São Cristóvão: UFS, 2022. 56p. (Thesis – Master of Science in Agriculture and Biodiversity). *

Lippia alba is a popular Brazilian herb known as lemon balm. It has several chemotypes in nature, which makes for different chemical patterns that are widely used by industries of various segments and in traditional medicine. The objective of the present study was to evaluate the morphoagronomic and chemical performance of *Lippia alba* progenies from the second recurrent selection cycle in different harvest seasons, and to evaluate the formicidal activity of its essential oils (EOs). The accessions LA56, LA-57, and LA-70 were recombined among progenies selected from the first recurrent selection cycle: LA-56-03, LA-57-10, and LA-70-01; and five C₂ progenies were triple: LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05, and LA-70-01-01. The experiment was monitored at the experimental farm “Campus Rural da UFS”. EOs were obtained by hydrodistillation and later chemically analyzed by gas chromatography to determine their constituents. Morphoagronomic evaluation showed that most genotypes had upright growth habit, with plant height ranging from 45.92 to 94.42 cm, plant width from 94.33 to 397.75 cm, leaf area from 2.38 to 6.51 cm², leaf length from 2.76 to 3.82 cm, leaf width from 1.34 to 2.35 cm, internode length from 2.75 to 5.08 cm, dry matter from 3.43 to 30.53 g.plant⁻¹, EO content from 0.83% to 3.39%, and EO yield from 0.05 to 1.02 mL.plant⁻¹. In the study on the effect of time of harvest for essential oil content, the overall average of yield in the dry season (2.18%) was higher than that in the rainy season (1.50%). Within the dry season, all C₂ progenies attained lower averages than the C₁ progenies and their parental accessions. In cluster analysis, two groups were formed in both harvest periods, based on the chemical composition of the initiated oils. Group 1 consisted of 10 of the 11 genotypes evaluated and was characterized by higher mean values of carvone and limonene compounds. Two subgroups were also observed within Group 1. Group 2 was formed by a single C₂ progeny (LA-57-10-02) and was characterized by the compounds germacrene D (20.77%), myrcene (15.03%), (E)-caryophyllene (6, 10%), (E)-nerolidol (5.91%), and linalool (5.80%). In general, essential oils taken in the dry season bring about higher mortality (45.13%) in the ants than those obtained in the rainy season (37.01%). The genotypes LA-56-03-01 and LA-57-10-02, whose essential oils had less than 40% carvone, exceeded the mortality rate provided by the compound in isolation.

Keywords: *Lippia alba*, Verbenaceae, recurrent selection, volatile oils, carvone, formicidal activity.

* Supervising Committee: Arie Fitzgerald Blank – UFS (Supervisor), Daniela Aparecida de Castro Nizio – UFS (Adjunct supervisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

Lippia alba (Mill.) N.E.Br., popularmente conhecida como erva-cidreira-brasileira, é um arbusto aromático, cujo aroma está relacionado à composição química de seus óleos essenciais, os quais podem sofrer alteração de acordo com a quantidade de água na planta, além da fenologia, sazonalidade, idade da planta e precipitação (BARROS et al., 2022). É uma espécie de planta originária da América do Sul, e distribuída desde o norte dos Estados Unidos, México, a América do Sul, apresentando ação de amplo espectro e com potencial uso para diversos setores nas indústrias. Tendo em vista o potencial agroindustrial, é uma espécie que vem sendo submetida a diversos programas de melhoramento genético (MENDOZA et al., 2022).

As propriedades benéficas úteis da espécie são atribuídas principalmente à presença de compostos químicos como mircenol, linalol, β -ocimeno, α -guaíeno, germacreno, carvona, limoneno, eucaliptol, cânfora, cariofileno, neral, geranial e piperitona nos óleos essenciais. A variação encontrada nos componentes do óleo essencial e a alta plasticidade fenotípica de *L. alba* fornecem uma forte evidência de um grande número de quimiotipos nesta erva aromática (MALIK et al., 2021).

O melhoramento genético de espécies medicinais visa principalmente aumentar a quantidade de massa seca, teor de óleo essencial, a concentração das substâncias de interesse para exploração em diversas indústrias. A Universidade Federal de Sergipe é uma das instituições públicas brasileiras que conservam a espécie, pois possui uma coleção de *L. alba* com diversos acessos prospectados em diversas regiões do país (CAMÊLO, 2010). A partir de estudos com as plantas dessa coleção, verificou-se a eficiência no controle de insetos-praga pelos óleos essenciais do grupo químico que possui o composto carvona como majoritário (PEIXOTO et al., 2015).

Dentre as pragas agrícolas, as formigas cortadeiras se destacam pelos prejuízos econômicos causados em culturas e em cultivos florestais, sendo considerada como principal praga no processo de produção e estabelecimento de mudas.

Em um primeiro ciclo de seleção recorrente, foram selecionadas progênies que além de produzirem teores satisfatórios de óleo essencial e de carvona, apresentaram potencial formicida maior que os acessos genitores. Essas progênies foram intercruzadas e geraram progênies de segundo ciclo de seleção recorrente. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar morfológicamente e agronomicamente progênies de *L. alba* provenientes do segundo ciclo de seleção recorrente, analisar o teor e a composição química das plantas colhidas em diferentes épocas, além de avaliar a atividade formicida de seus óleos essenciais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos botânicos e usos de *Lippia alba*

O gênero *Lippia* possui aproximadamente 200 espécies de ervas, arbustos e pequenas árvores. Óleos essenciais de *Lippia* spp. contêm uma grande variedade de constituintes voláteis com uma gama de propriedades farmacológicas. A *L. alba* é uma espécie encontrada em todas as áreas tropicais e subtropicais da América do Sul (PASCUAL et al., 2001; HENNEBELLE et al., 2008). A *L. alba* é uma planta com morfologia variável, que pode alcançar até um metro e meio de altura. Suas folhas são inteiras opostas com bordas serradas, possuindo geralmente, comprimento menor que seis centímetros. As flores variam quanto à coloração, podendo possuir tons de azul-arroxeadado, róseo-arroxeadado ou branco, distribuídas em inflorescências axilares e os frutos são drupas globosas (CAMÊLO et al., 2011).

A família Verbenaceae possui cerca de 98 gêneros com um total de 2.614 espécies distribuídas por todo o globo. 47 desses gêneros são encontrados em território brasileiro compostos por 407 espécies, dentre as quais estão as espécies de ervas, arbustos e árvores de pequeno porte que são vistas na África, América Central, América do Norte e do Sul e na Austrália. Estima-se que o Brasil hospede 75% das espécies desse gênero, sendo o cerrado e a caatinga os biomas que mais abrigam estas plantas, incluindo as endêmicas (LIMA et al., 2020).

A *L. alba* é um arbusto aromático de ocorrência em grande quantidade de ambientes, sendo estes dos mais diferentes possíveis, sejam em florestas a pântanos, é amplamente distribuído nas Américas. A espécie é encontrada em solos arenosos e nas margens de rios, lagoas e lagos, variando de regiões de clima tropical a temperado. Embora o hábito arbustivo caracterize todas as plantas de *L. alba*, elas podem apresentar ramos eretos ou decumbentes. Sua inflorescência pode ser de várias cores, entre elas rosa ou branca (LOPES et al., 2020).

A *L. alba* tem sido utilizada na medicina popular na forma de chá e infusões para diversos problemas como gastrointestinais, respiratórios, cardiovasculares e asma (ACERO-GODOY et al., 2019). Essa planta tem sido utilizada ainda por apresentar efeitos sedativos, antiulcerogênicos e ainda apresenta efeitos antifúngico, antiprotozoário e antimicrobiano (BATISTA, 2019).

A composição química encontrada na *L. alba* permite sua exploração por diversos segmentos, as indústrias a utilizam desde a produção de cosméticos, usados como solventes; até produtos alimentícios, sendo estes podendo ser divididos tanto para sabor quanto para o aroma. Santos e Innecco (2005) mostraram trabalhos que a partir de 1979 apresentaram os usos acima citados, sendo o uso dessa planta feita de forma variada.

Para fins medicinais, como a ação terapêutica para a ansiedade e distúrbios do sono, a *Lippia alba* pode ser utilizada para controle da Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), quando na sua composição apresenta citrônolol, que atua como vasodilatador em células da musculatura do coração, podendo potencializar o efeito hipotensor de medicamentos como descrito em Franco Alves e Silva Matos (2021).

Ainda sobre os usos, a *L. alba* pode apresentar dentre seus vários constituintes químicos, a carvona, que é utilizada para a produção de diversos produtos, entre eles: creme dental, antisséptico bucal, pão, condimentos e bebidas. A carvona apresenta ainda atividade antisséptica, bactericida e antifúngica (EHLERT et al., 2013). O mercado consumidor de plantas medicinais e aromáticas apresenta um elevado padrão de qualidade. Para possuir esse mercado, o produtor tem que utilizar uma maior gama de práticas agrícolas para alcançar esse padrão de cultivo, beneficiamento e armazenagem da produção, além de observar fatores externos que influenciam no cultivo e na produção de princípios ativos. Os valores das plantas medicinais e aromáticas são determinados de acordo com os princípios ativos que produzem e com teores que sejam satisfatórios para o mercado (CORRÊA JÚNIOR, 2013).

O estado do Paraná já liderou a produção no Brasil de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, alcançando um total de 90% da produção nacional. Com uma área cultivada de aproximadamente 6 mil hectares, os quais compreendem cerca de 1.300 agricultores e mais de 80 espécies cultivadas, foram cerca de 36 mil toneladas. O Valor Bruto da Produção (VBP) dessa cadeia atingiu o valor de 32 milhões de reais no ano de 2010 (SANTOS, 2013). No cenário brasileiro entre os maiores exportadores de plantas medicinais podemos citar os estados do Paraná, São Paulo e Bahia.

A demanda por óleos essenciais está em franca ascensão em diversas indústrias como as farmacêuticas, para a produção de medicamentos; em indústria alimentícia, pois confere sabores e acentua aromas em diversos tipos de alimentos; como fixadores para a composição de perfumes; bem como possui diversos usos para os setores agrícolas, pois possibilita a ação de controle alternativo de pragas e doenças (GARCEZ, 2019).

2.2. Diversidade química e atividades biológicas dos óleos essenciais de *Lippia alba*

Os óleos essenciais são explorados há cerca de 3.500 anos pela humanidade. O Brasil é considerado como um dos países megadiversos, o qual apresenta uma grande diversidade de plantas, dessa forma, essa riqueza fornece uma abundante extração de óleos essenciais obtidos da flora nativa. De forma geral, os óleos essenciais são constituídos majoritariamente por terpenos ou seus derivados.

Ainda que apresentem diferenças estruturais entre si, todos os terpenos e terpenoides são essencialmente estruturados em blocos de cinco carbonos (unidades de isopreno – C₅ H₈), usualmente ligados entre si pela ordem “head-to-tail” (ligação 1-4), o que caracteriza a “regra do isopreno”. A derivação da estrutura química em unidades de cinco carbonos é resultado da sua origem bioquímica, os seus carbonos são provenientes do isopentenil pirofosfato (IPP) ou de seu isômero dimetilalil pirofosfato (DMAPP) (EL TOGHLOBI et al., 2022). Esses precursores universais podem ser produzidos por uma das vias biossintéticas - Mevalonato (MEV) ou Desoxixilulose 5-fosfato (DXP), também conhecida pela via Metileritritolfosfato (MEP), sendo que animais e fungos utilizam exclusivamente a via MEV.

Os óleos essenciais apresentam várias funções importantes para o vegetal, como a proteção contra patógenos e herbívoros, alelopatia, atração de organismos favoráveis como os polinizadores, além das ações de proteção contra estresses abióticos, como mudanças na temperatura e umidade do ar e proteção contra raios solares, dentre outros (EHLERT et al., 2013; GONÇALVES et al., 2016). Dentre esses grupos, os óleos essenciais são produtos que têm grandes potencialidades, uma vez que possuem diversas propriedades que podem ser antibacterianas, inseticidas e nematicidas (CAMPOS et al., 2014; TOMAZONI et al., 2016).

Há uma grande diversidade química em *L. alba*, o que faz com que esta planta seja separada em quimiotipos ou raças químicas, que por definição são populações quimicamente distintas dentro de uma mesma espécie que possuem fenótipos semelhantes e diferentes genótipos (LINDE et al., 2016). Desta forma, apesar de idênticas morfológicamente, seus constituintes químicos podem variar.

Os três principais quimiotipos de *L. alba* relatados no Brasil têm como seus componentes majoritários o citral (mistura de geranial e neral), a carvona e o linalol (TAVARES et al., 2005; TEIXEIRA, 2009). Em estudos citogenéticos, Pierre (2004) verificou a ocorrência de poliploidia e mixoploidia dentro de *L. alba*, encontrando números cromossômicos de 2N = 30, 2N = 60 e 2N = 12 a 60 para os quimiotipos citral, carvona e linalol, respectivamente. A autora também sugeriu que o quimiotipo carvona (2n=60) constitui um autopoliploide de citral e que, possivelmente, linalol constitui um híbrido resultante do cruzamento entre os quimiotipos citral e carvona. Cardoso (2016) caracterizou os indivíduos de *L. alba* em diferentes classes como: quimiotipo I (citral e mirceno); quimiotipo II (citral e limoneno); e quimiotipo III (carvona e limoneno).

Dentre estes terpenos encontrados em *L. alba* destaca-se a carvona por apresentar odor penetrante e uma coloração amarelo pálido, e as indústrias farmacêuticas e de aromas fazem o uso dela em uma infinidade de produtos tais como: creme dental, antisséptico bucal, pão, pickles, condimentos e bebidas (ANTUNES, 2005; SANTOS et al., 2020). Vários estudos foram realizados a respeito das propriedades farmacológicas e efeitos toxicológicos da carvona. A carvona é uma substância monoterpênica que possui quiralidade em sua molécula, podendo apresentar duas formas, sendo ela enantiômero (S) (-) carvona e (R) (+) carvona. Na natureza há uma ampla lista de plantas que podem sintetizar a carvona, no entanto existe uma variação da quantidade produzida por essas espécies de plantas (BLANK et al., 2015; PINTO, 2017).

Diversos estudos foram realizados com os óleos essenciais de *L. alba*, dentre eles destacam-se os que verificaram a atividade antifúngica (PEIXOTO et al., 2018), inseticida (PEIXOTO et al., 2015a), acaricida (PEIXOTO et al., 2015b) e atividade inseticida a insetos-pragas (LIMA et al., 2020). Diversas atividades biológicas foram atribuídas ao monoterpene carvona, como parasitoides e inseticidas (MORCIA et al., 2016). Este monoterpene, acompanhado de outros componentes do óleo essencial, mostrou-se eficaz no controle de cupins e formigas cortadeiras (RAINA et al., 2012; GRIMBALL et al., 2017).

2.3. Óleos essenciais no controle de formigas cortadeiras

As formigas são insetos eussociais, que desempenham importantes funções ambientais como a aeração do solo, fluxo de matéria orgânica e auxiliam a polinização e dispersão de sementes de plantas herbáceas (GALITZKI et al., 2013; CARVALHO et al., 2020). Em contrapartida, o desequilíbrio populacional de formigas, sobretudo as denominadas “cortadeiras”, pode gerar danos econômicos relacionados ao cultivo de algumas espécies vegetais, por isso a compreensão desse tipo de estrutura social e comportamento auxiliam no desenvolvimento de estratégias eficientes para o controle populacional desses indivíduos eussociais (ROCHA, 2015; CONSTATINO, 2018; CARMO et al., 2020).

As formigas saúvas (*Atta*) e as quenquês (*Acromyrmex*) formam a tribo *Attini* (formigas cultivadoras de fungos). Espécies desses gêneros formam colônias de grande tamanho e possuem a denominação de verdadeiras formigas cortadeiras. Espécies de formigas cortadeiras estão presentes por toda a região tropical e destacam-se como uma das mais importantes pragas do setor agrícola e florestal, causando desfolha e corte de fragmentos vegetais, principalmente nas fases iniciais de plantio e início da brotação, utilizados como substrato para o cultivo do fungo com o qual as formigas mantêm uma relação mutualística (BURATTO et al., 2012; ZANETTI et al., 2014). Há relatos de prejuízos causados por elas desde o descobrimento do Brasil (ARAÚJO et al., 2015).

A espécie *Acromyrmex balzani*, vulgarmente conhecida como “quenquês boca-de-cisco” e “formiga-meia-lua”, tem ocorrência em alguns países da América do Sul, incluindo o Brasil (BRANDÃO, 1991). As formigas desse gênero são morfologicamente distintas das demais por apresentarem quatro ou cinco pares de espinhos em seu dorso (ZANETTI et al., 2014). Essa espécie constrói formigueiros cuja parte externa é formada por um único olheiro de entrada em forma de torre, construído a partir de fragmentos de gramíneas, enquanto seu interior é constituído por inúmeras câmaras unidas por galerias estreitas. Além disso, próximo à entrada do ninho é possível visualizar um amontoado de detritos extraídos do interior do formigueiro, dispostos em forma de “meia-lua” (PIMENTA et al., 2007).

Uma das opções mais utilizadas para o controle dos insetos, é o controle químico, principalmente através de iscas granuladas constituídas na maioria das vezes por fipronil e sulfluramida (OLIVEIRA et al., 2011). Para minimizar os danos causados à agricultura e à silvicultura, uma grande quantidade de inseticidas organossintéticos tem sido utilizada para o controle dessas formigas (FEITOSA ALCÂNTARA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017). Porém, o custo elevado das operações de combate e as desvantagens de produtos sintéticos, aliado às normas legais estabelecidas no setor florestal brasileiro (JUNG et al., 2013), têm

exigido a busca por metodologias alternativas de controle de formigas cortadeiras, como os métodos mecânicos, culturais e biológicos. Nos últimos anos, diversas pesquisas evidenciaram produtos de origem botânica como potenciais formicidas, representando uma alternativa ambientalmente aceitável que reduziria o número dessas formigas abaixo do limite de dano econômico (DORNELAS et al., 2016).

O uso de produtos de origem botânica para o controle de insetos é uma prática que precede a utilização dos primeiros inseticidas sintéticos e que ressurgiu em virtude da busca por compostos ambientalmente mais seguros para o manejo de pragas. Quando comparados aos inseticidas organossintéticos, produtos de origem botânica possuem maior degradabilidade, baixa toxicidade em mamíferos e maior seletividade a organismos não alvos (PAVELA e BENELLI, 2016; PAVELA et al., 2019).

Dentre os produtos de origem botânica, os óleos essenciais se apresentam com grandes potencialidades para o controle alternativo de formigas cortadeiras em ambientes agrícolas, pois a complexidade química encontrada nesses dificulta a seleção de biótipos resistentes aos compostos. Isto acontece por causa da redução da pressão de seleção, que é o que provoca gradativamente a seleção de indivíduos tolerantes nas áreas produtoras (CHAE et al., 2014; WEI et al., 2014).

Os modos de ação dos óleos essenciais variam e incluem: toxicidade de contato ou por fumigação, repelência, comportamento antialimentar, inibição de crescimento e ineficácia na reprodução (ISMAN, 2006; KUMAR et al., 2011; SINGH e PANDEY, 2018). Os óleos essenciais inibem especificamente as enzimas desintoxicantes e a atividade da acetilcolina esterase, interrompem o equilíbrio endocrinológico dos insetos, induzem a morte celular e o efeito do metabolismo de lipídios (KUMAR et al., 2011; KIRAN & PRAKASH, 2015; SHAHRIARI et al., 2018; PIRI et al., 2020).

Em diversos estudos foram demonstrados o efeito formicida, principalmente em *Atta* spp. com a utilização de extratos vegetais de *Eugenia florida* DC. e *Eugenia handroana*, D. Legrand (Myrtaceae), *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) e *Zanthoxylum pohlianum*, Engl. (Rutaceae) (TORRES et al., 2013), *Esenbeckia pumila* Pohl (DUARTE et al., 2019) e *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching. (MOLITERNO et al., 2016).

Já as espécies vegetais *Hyptis pectinata* (FEITOSA-ALCÂNTARA et al., 2017), *Aristolochia trilobata* L. (OLIVEIRA et al., 2017; MELO et al., 2021), *Myrcia lundiana* (MELO et al., 2021), *Croton tetradenius* (BRITO et al., 2020), *Eplingiella fruticosa* (SILVA et al., 2019) apresentaram efeito tóxico por fumigação de óleo essencial sobre formigas *Acromyrmex balzani* e *Atta sexdens*, sendo caracterizados como potenciais matérias-primas para o desenvolvimento de novos formicidas. Alguns dos trabalhos encontram-se destacados na tabela 1. Além disso, os óleos essenciais podem ocasionar múltiplos efeitos subletais sobre formigas cortadeiras, como efeitos deterrentes ou de repelência (MECENAS, 2019; SILVA et al., 2019), influenciando o comportamento desses insetos e auxiliando nas estratégias de manejo dessas pragas (TRINDADE et al., 2017).

Em seu trabalho de investigação com plantas nativas e exóticas, Alma e Butter (2019) verificaram que as formigas interromperam o comportamento de forrageamento quando foram colocados papéis tratados com óleos essenciais dessas plantas nas trilhas, pois demandou-se maior energia para o comportamento de limpeza e isolamento de odores estranhos na trilha.

Tabela 1. Principais espécies vegetais e constituintes químicos majoritários dos óleos essenciais com atividade formicida sobre formigas do gênero *Acromyrmex*.

Espécie (cortadeira)	Espécie vegetal/Acesso	Constituintes majoritários	Atividade	Referências
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Myrcia lundiana</i> / MLUN19	Isopulegol (40,29%), 1,8-cineol (14,16%)	Formicida	MELO <i>et al.</i> , 2021.
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Myrcia lundiana</i> / MLUN23	Citral (23,43%);	Formicida	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Croton tetradenius</i> / CRT013	p -cimeno (20,07%) e isoascaridol (19,92%).	Formicida/ repelência	BRITO <i>et al.</i> , 2020.
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Croton tetradenius</i> / CRT023	p -cimeno (13,33%);	Formicida/ repelência	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Croton tetradenius</i> / CRT031	p -cimeno (18,94%);	Formicida/ repelência	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Croton tetradenius</i> / CRT052	p -cimeno (19,02%);	Formicida/ repelência	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Eplingiella fruticosa</i> / EPF303	1,8 – cineol (9,0%), Canfora (11,4%) β-cariofileno (6,4%) Óxido de cariofileno (4,4%)	Formicida/ repelência	SILVA <i>et al.</i> , 2019.
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Eplingiella fruticosa</i> / EPF1103	1,8 – cineol (15,5%), Canfora (9,3%) β-cariofileno (4,9%) Óxido de cariofileno (5,6%)	Formicida/ repelência	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Eplingiella fruticosa</i> / EPF202	1,8 – cineol (5,3%), Canfora (6,8%) β-cariofileno (10,9%) Óxido de cariofileno (8,7%)	Formicida/ repelência	
<i>Acromyrmex balzani</i>	<i>Eplingiella fruticosa</i> / EPF901	1,8 – cineol (4,7%), Canfora (3,6%), β-cariofileno (13,0%) Óxido de cariofileno (8,0%)		
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	<i>Fabiana imbricata</i>			
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	<i>Pinus ponderosa</i>		Comportamento de limpeza de trilha	ALMA; BUTELER, 2019.
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>			
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	<i>Dysphania ambrosioides</i>			

2.4. Melhoramento genético de plantas medicinais

Desde tempos imemoriais a humanidade se beneficiou do metabolismo secundário das plantas e da diversidade de estruturas químicas que ele proporciona. Especificamente, as plantas medicinais e aromáticas (PMAs) são recursos naturais valiosos porque podem sintetizar uma grande variedade de metabólitos secundários amplamente utilizados em muitas indústrias. A exploração sustentável e economicamente racional dos PMAs é desejável porque permitirá a criação de empregos, bem como oportunidades de negócios e comércio internacional.

Estima-se que 15.000 espécies medicinais estejam ameaçadas de extinção devido à exploração e perda de habitat (SCHIPPMANN *et al.*, 2006; BARATA *et al.*, 2016). Por exemplo, no gênero *Lippia* que compreende cerca de 200 espécies, dezoito delas são consideradas raras ou ameaçadas de extinção devido à fragmentação de habitats causada pela agricultura, pecuária, garimpo e extração de espécies com potencial farmacológico (MARTINELLI e MORAES, 2013; MARTINELLI *et al.*, 2014). Para alcançar a exploração sustentável da maioria dessas espécies, o atual paradigma de produção deve ser modificado, minimizando o extrativismo e substituindo-o gradativamente pelo cultivo de genótipos

selecionados ou melhorados. O primeiro passo nessa direção é lançar um programa de propagação, domesticação e melhoramento para aumentar a produtividade.

Além do interesse a longo prazo, que é o de conservar a espécie, os programas de melhoramento de plantas medicinais se iniciam com o interesse de aumentar a produção de princípios ativos, que estão presentes principalmente nos produtos do metabolismo secundário, como é o caso dos óleos essenciais. Na maioria das vezes essas substâncias são produzidas em pequenas quantidades pelos vegetais, e o aumento de pequenos percentuais nos teores de óleos essenciais representa, quando associados a ganhos de matéria seca, um efeito significativo do ponto de vista econômico, pois pode reduzir o tamanho de áreas de plantio, com o cultivo de plantas mais produtivas (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013). Tomando esse contexto, o melhoramento genético de *L. alba* pode resultar na sustentabilidade para a exploração comercial e, ainda, se consolidar como mais uma espécie para agricultura familiar (YAMAMOTO, 2006).

No que diz respeito ao sistema de reprodução e cruzamento da *L. alba* (SCHOCKEN, 2007), verificou-se que a espécie é preferencialmente alógama e que as sementes apresentam dormência e baixas taxas de germinação (abaixo de 2%) em condições ambientais naturais, sendo necessários tratamentos de choque de frio, luminosidade alternada (20 horas de luz e 8 horas de escuro) e presença do estimulador de germinação KNO_3 , além de os frutos gerados de autofecundações serem produzidos em menor número e com menor taxa de germinação de sementes. Essas informações sobre a dinâmica da reprodução da espécie são importantes para a efetivação de um programa de melhoramento, pois os cruzamentos determinam como os genes são transmitidos de uma geração para outra e como são reorganizados nos indivíduos.

Um problema fundamental no melhoramento de plantas é a relação entre o ambiente em que se trabalha a seleção e o ambiente de destino de uso de uma nova cultivar. Quanto mais diferenciado for o ambiente de seleção do ambiente de destino, menor será a eficiência de seleção. A condução de um programa de melhoramento de plantas no ambiente de destino aumenta a eficiência da seleção de genótipos (CARRASCO, 2016).

O método de seleção a ser empregado deve ser o mais adequado, levando em consideração as características reprodutivas da espécie, os caracteres a ser melhorados e o nível de controle ambiental disponível. Quando o melhorista trabalha com caracteres controlados por vários genes, como características de produção, o número de plantas a serem manuseadas para que se consiga obter indivíduos com todos os alelos favoráveis é enorme, se tornando um trabalho oneroso e praticamente inviável, a depender do método de seleção. A seleção recorrente se apresenta como um método adequado para se trabalhar nessas condições. Nele, a seleção é seguida de recombinação dos melhores indivíduos ou progênies durante ciclos de seleção (RAMALHO et al., 2005; BERNARDO et al., 2018).

2.5. Seleção recorrente

A seleção recorrente é um método de melhoramento genético de plantas que visa o aumento da frequência dos alelos favoráveis, sem a redução da variabilidade genética. A eficiência dos processos seletivos do programa de seleção recorrente depende, necessariamente, da variabilidade genética da população envolvida, pois a baixa variabilidade genética impossibilita a ocorrência de adaptações, dificultando o progresso nos programas de melhoramento (FREITAS et al., 2012). Portanto, a escolha dos genótipos superiores para a constituição da população base que será utilizada, é um ponto de suma importância para o avanço dos objetivos do programa de melhoramento (SILVA et al., 2017).

O método de seleção recorrente é o mais utilizado nas espécies alógamas, sendo realizado através de quatro etapas: a obtenção de uma população base, a recombinação de alelos, a avaliação e a seleção das progênies superiores. Se necessário, novos ciclos são realizados, a partir de uma nova recombinação de alelos, com as progênies selecionadas no ciclo anterior (HALLAUER et al., 2010).

A primeira etapa do método, a de obtenção da população base de seleção, necessita da identificação de genótipos superiores, bem como de atributos agronômicos relacionados ao interesse de mercado (FREITAS et al., 2012). Na segunda etapa ocorre a avaliação das famílias através de delineamentos experimentais, para que os resultados tenham boas acurácias e sejam confiáveis (PATERNIANI & MIRANDA FILHO, 1987). Já a terceira etapa consiste na seleção de progênes superiores a partir das características agronômicas de interesse, sendo que a seleção praticada em uma determinada característica, normalmente proporciona alterações em outras, devido à correlação genética existente.

Tal fenômeno é denominado de resposta correlacionada à seleção podendo ser ou não de interesse para o melhorista (BÁRBARO et al., 2007). A última etapa consiste no emprego da recombinação das progênes selecionadas. Este processo entre genótipos selecionados quando bem aplicado aumenta a frequência de genes desejáveis, recompõe a variabilidade genética para o próximo ciclo e resgata a condição de equilíbrio perdida a partir da seleção (SOUZA JUNIOR, 1998).

2.6. Influência da época de colheita na produção de espécies aromáticas

A influência que os diversos fatores climáticos podem exercer quantitativamente e qualitativamente na produção das plantas aromáticas é de importante interesse, tanto para os programas de melhoramento e para indústrias pois podem favorecer e inviabilizar a produção em determinadas regiões. Além disso, algumas interações que podem ocorrer entre planta e micro-organismos, entre uma planta e plantas de outras espécies, também podem gerar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários (RIBEIRO et al., 2018).

Embora controlada geneticamente, a biossíntese de metabólitos secundários é fortemente afetada por fatores ambientais, como diferentes características de clima. Alguns estudos (GOMES et al., 2019; NAGAO et al., 2004) mostram a importância da sazonalidade e seus efeitos sobre o teor e a composição química da *L. alba*.

Em outro estudo constatou-se que no mês de agosto, considerada a estação seca, o teor de óleo essencial foi maior que na estação chuvosa, correspondendo ao mês de maio, sendo o melhor horário de coleta às 15 horas nas duas estações. O horário de coleta que propiciou um maior teor relativo de citral foi às 15 horas e limoneno às 11 horas, independente de cada estação. O momento da colheita sobre a produção de óleo essencial vem sendo estudada em diferentes espécies aromáticas, como *L. sidoides*, *L. alba* e *Mentha arvensis* (OLIVEIRA et al., 2012), apresentando respostas diferenciadas para cada espécie.

Em estudos desenvolvidos sobre a composição química do óleo essencial de *L. alba*, foi evidenciada a presença de efeitos da época e de horários de coleta na composição dos óleos essenciais, bem como a metodologia que será empregada na sua extração do óleo essencial pode gerar divergências em concentrações e qualidade (BARROS et al., 2009). Em trabalho realizado com *O. basilicum* (CARVALHO FILHO et al., 2006), foram realizadas colheitas às 8 e 12 horas, tendo sido encontrado o maior rendimento de óleo na colheita das 8 horas. Tendo ainda o teor de linalol no óleo essencial aumentado de 45,18% para 86,80%.

Há estudos que mostram a influência de outros fatores: a poluição atmosférica, bem como aqueles inerentes à própria planta, idade e órgão vegetal, e até mesmo o horário que a planta está sendo coletada para extração de óleo essencial (BLANK, 2013; SCHINDLER et al., 2018). Neste sentido existe a necessidade da realização de mais estudos que possam mostrar as condições e épocas mais propícias para coleta de material vegetal, conduzindo para uma máxima produção e qualidade do óleo essencial. Dentre os fatores citados a temperatura e disponibilidade hídrica (chuva) foram identificados como fatores que influenciam mais fortemente a composição química e o teor de óleo essencial em plantas aromáticas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO-GODOY, J.; GUZMÁN-HERNÁNDEZ, T.; MUÑOZ-RUÍZ, C. Revisión documental de uso de los aceites esenciales obtenidos de *Lippia alba* (Verbenaceae), como alternativa antibacteriana y antifúngica. **Revista Tecnología en Marcha**, v. 32, n. 1, p. 3-11, 2019. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4114>
- ALMA, A. M.; BUTELER, M. Plant odors trigger clearing behavior in foraging trails- do they represent olfactory obstacles? **Behavioural Processes**, v. 169, p. 103989, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2019.103989>
- ANTUNES, O. A. C. Interfaces com a indústria. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, suplemento, S64-S75, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000700013>
- ARAÚJO, M. S.; RODRIGUES, C. A.; OLIVEIRA, M. A.; JESUS, F. G. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *atta* spp. por *Canthon virens*. **Revista de agricultura neotropical**, [S. l.], v. 2, n. 3, pág. 8–12, 2015. DOI: 10.32404/rean.v2i3.273.
- BARATA, A. M.; LOPES, V. R. Conservação dos recursos genéticos nacionais de PAM. Porquê conservar? **A Fileira das Plantas Aromáticas e o Desenvolvimento Local**, p. 19-23, 2016.
- BÁRBARO, I. M.; CENTURION, M. A. P. C.; MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M. Comparação de estratégias de seleção no melhoramento de populações F5 de soja. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 250-261, 2007.
- BARROS, F.M.C.; ZAMBARDA, E.O.; HEINZMANN, B.M.; MALLMANN, C.A. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, v. 32, n. 4, p.861-867, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400007>
- BARROS, L. P.; CRUZ, E. N. S.; GUIMARÃES, B. A.; SETZER, W. N.; MOURÃO, R. H. V.; SILVA, J. K.R.; COSTA, J. S.; FIGUEIREDO, P. L. B. Chemometric analysis of the seasonal variation in the essential oil composition and antioxidant activity of a new geraniol chemotype of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson from the Brazilian Amazon. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 105, p. 104-503, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104503>
- BATISTA, A. H. M. **Efeito modulador do óleo essencial das folhas de *Lippia alba*: na atividade de antimicrobianos sobre biofilme de *Salmonella typhi* e *Shigella dysenteriae* e na inflamação induzida em camundongos**. 2019. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2019. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/50515>
- BERNARDO, K. A. S.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; VIEIRA, P. F. M. J.; LOPES, Â. C. A.; OLIVEIRA, R. M. M. Incorporation of compound inflorescences and selection of high-yielding progenies in cowpea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 10, p. 1150-1157, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018001000008>

- BLANK, A. F. Transformação de recursos genéticos de plantas aromáticas nativas em riqueza: o potencial do alecrim-de-tabuleiro (*Lippia gracilis*). **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 512-512, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300029>
- BLANK, A. F.; CAMÊLO, L. C. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; PINHEIRO, J. B.; ANDRADE, T. M.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Chemical Diversity in *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown Germplasm. **The Scientific World Journal**, v.2015, p.1-11, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/321924>
- BRANDÃO, C. R. F. Adendos ao catálogo abreviado das formigas da região neotropical (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 35, p. 319–412, 1991.
- BRITO, F. A.; BACCI, L.; SANTANA, A. S.; SILVA, J. E.; NIZIO, D. A. C.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MELO, C. R.; MELO, J. O.; BLANK, A. F. Toxicity and behavioral alterations caused by essential oils of *Croton tetradenius* and their major compounds on *Acromyrmex balzani*. **Crop Protection**, v. 137, p. 105-259, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105259>
- BURATTO, D. A.; CARDOSO, J. T.; ROLIM, F. A.; REIS FILHO, W. Avaliação dos danos causados por formigas-cortadeiras do gênero *Acromyrmex* (Hymenoptera) aos plantios de *Pinus taeda* no planalto sul-catarinense. **Floresta**, v. 42, n. 4, p. 683, 2012. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i4.23710>
- CAMÊLO, L.C.A. **Caracterização de germoplasma e sazonalidade em erva-cidreira-brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.]**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2010. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/6612>
- CAMÊLO, L. C. A.; BLANK, A. F.; EHLERT, P. A. D.; CARVALHO, C. R. D.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MATTOS, J. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de erva-cidreira-brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.]. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.
- CAMPOS, A. C. T. de; RADUNZ, L. L.; RADÜNZ, A. L.; MOSSI, A.J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 861-865, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p861-865>
- CARMO, D. V. do; HELENE, A. F. A História das formigas e as formigas na história: etologia e cultura. **Khronos**, n. 10, p. 112-139, 2020. <https://doi.org/10.11606/issn.2447-2158.i10p112-139>
- CARDOSO, R. S. **Desenvolvimento de técnicas farmacêuticas para obtenção da droga vegetal a partir das folhas de erva-cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N.E Brown) quimiotipo II**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2016. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/21570>
- CARRASCO, N. F. **Melhoramento participativo e seleção de genótipos de gengibre (*Zingiber officinale*) com resistência a Fusariose (*Fusarium oxysporum*)**. 2016. 87 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2016.

CARVALHO, W. S.; SANTOS, L. R. S.; OLIVEIRA, S. F.; OLIVEIRA, F. M. P.; ARNAN, X.; LEAL, I. R. Formigas como provedoras de serviços ecossistêmicos na Caatinga: Como informar a sociedade sobre pesquisas ecológicas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 3, p. 281–287, 2020. <https://doi.org/10.24221/jeap.5.3.2020.3118.281-287>

CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A.D.; MELO, A. S.; CAVALCANTI, S. C.H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 1, p. 24-30, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-695x2006000100007>

CHAE, L.; KIM, T.; NILO-POYANCO, R.; RHEE, S. Y. Genomic Signatures of Specialized Metabolism in Plants. **Science**, v. 344, n. 6183, p. 510-513, 2014. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1252076>

CONSTANTINO, P. B. **Ritmos de atividade coletiva e divisão de temporal de tarefas em formigas saúvas**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2018.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. 1º.ed. Curitiba, PR: **EMATER**, 2013.

DORNELAS, A. S. P.; SARMENTO, R. de A.; DOS SANTOS, G. R.; NASCIMENTO, M. O.; DE SOUZA, D. J. Fungos Filamentosos Associados às Espécies *Atta sexdens* (Linnaeus) e *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae). **EntomoBrasilis**, v. 9, n. 1, p. 26–30, 2016. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v9i1.528>

DUARTE, G. K. G. F.; MENEZES, A. C. S.; NAVES, P. L. F.; BUENO, O. C.; SANTOS, R. G.; SILVA JUNIOR, W. M. Toxicity of *Esenbeckia pumila* Pohl (Rutaceae) on *Artemia salina* and *Atta sexdens* rubropilosa. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 101-112, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n111rc>

EHLERT, P.A.D.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M.; FENANDES, D.M.; ROCHA, W.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, R. F. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.]. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 1, p. 72-77, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722013000100010>

FEITOSA-ALCANTARA, R. B. et al. Analysis of genetic diversity of *Hyptis pectinata* (L.) Poit. plants using ISSR markers. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, 2017. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039603>

FEITOSA-ALCANTARA, R. B.; BACCI, L.; BLANK, A.F.; ALVES, P. B.; SILVA, I. M. D. A.; SOARES, C.A.; SAMPAIO, T.S.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. D. F. Essential Oils of *Hyptis pectinata* Chemotypes: Isolation, Binary Mixtures and Acute Toxicity on Leaf-Cutting Ants. **Molecules**, v. 22, n. 4, p. 600-621. <https://doi.org/10.3390/molecules22040621>

FRANCO ALVES, M.; SILVA MATTOS, F. O uso de plantas medicinais no auxílio do tratamento da hipertensão arterial sistêmica atrelado a atuação educadora do

enfermeiro. **Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem**, v. 11, n. 36, p. 462–471, 2021. <https://doi.org/10.24276/rrecien2021.11.36.462-471>

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; JESUS, O. N.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 393-401, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2012000300011>

GALITZKI, E. L.; CERETO, C.E; SCHERER, K.Z; BENEDITO, C.L; TÂNIA, T. C. Formigas visitantes de inflorescências de *Actinocephalus polyanthus* (Bong.) Sano (Eriocaulaceae). **Biotemas**, v. 26, p. 75-83, 2013. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n4p75>

GARCEZ, T. D. **Plano financeiro para a produção de biomassa a partir de erva-cidreira brasileira (*Lippia alba*) genótipo UFRRJ ECB005 quimiótipo citral**. 2019. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal) - Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2019.

GOMES, A. F.; ALMEIDA, M. P.; LEITE, M. F.; SCHWAIGER, S.; STUPPNER, H.; HALABALAKI, M.; AMARAL, J. G.; DAVID, J. M. Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of *Lippia alba*. **Food Chemistry**, v. 273, p. 186-193, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.089>

GONÇALVES, F.J.T.; BARBOSA, F.G.; LIMA, J.S.; COUTINHO, I.B.L.; OLIVEIRA, F.C.; ROCHA, R.R.; ANDRADE NETO, M. Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.18, n.1, p.149-156, 2016. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_127

GRIMBALL, B.; VEILLON, L.; CALHOUN, T.; FRONCZEK, F. R.; ARCENEUX, E.; A LAINE, R. Cyclohexylamine inexplicably induces antennae loss in Formosan subterranean termites (*Coptotermes formosanus* Shiraki): cyclohexylamine hydrogen phosphate salts are novel termiticides. **Pest Management Science**, v. 73, n. 10, p. 2039-2047, 12 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4610>

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Testers and Combining Ability. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**, p. 383-423, 2010. Springer New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0766-0_8

HENNEBELLE, T.; SAHPAZ, S.; JOSEPH, H.; BAILLEUL, F. Ethnopharmacology of *Lippia alba*. **Journal of Ethnopharmacolog**, v. 116, n. 2, p. 211-222, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.044>

ISMAN, M. B; MACHIAL, C. M. Chapter 2 Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. **Advances in Phytomedicine**, p. 29-44, 2006. [http://dx.doi.org/10.1016/s1572-557x\(06\)03002-9](http://dx.doi.org/10.1016/s1572-557x(06)03002-9)

JUNG, P. H.; SILVEIRA, A. C.; NIERI, E. M.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L.; REFATTI, M. Atividade inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata*

Smith. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 191-196, 2013.
<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.015>

KIRAN, S.; PRAKASH, B. Assessment of toxicity, antifeedant activity, and biochemical responses in stored-grain insects exposed to lethal and sublethal doses of *Gaultheria procumbens* L. essential oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 48, p. 10518-10524, 2015. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03797>

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 802-817, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.019>

LIMA, G. M.; QUINTANS-JUNIOR, L. J.; THOMAZZI, S. M.; ALMEIDA, E. M. S. A.; MELO, M. S.; SERAFINI, M. R.; CAVALCANTI, S. C. H.; GELAIN, D. P.; SANTOS, J. P. A.; BLANK, A. F. Phytochemical screening, antinociceptive and anti-inflammatory activities of *Chrysopogon zizanioides* essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 2, p. 443-450, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000002>

LIMA, D. K. S.; LINS, S. R. O. Avanços e novas descobertas sobre o uso de erva cidreira (*Lippia alba*) para inovação terapêutica na última década (2010-2020) /Advances and new discoveries on the use of erva cidreira (*Lippia alba*) for therapeutic innovation in the last decade (2010-2020). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 87916–87934, 2020.
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-278>

LIMA, J. K. A. **Atividade inseticida e mecanismos de ação de cascas de Genipa americana L. contra Tribolium castaneum (Herbst)**. 2020. 113 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular) – Escola de Enfermagem e Farmácia, Programa de Pós Graduação Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

LINDE, G.A.; COLAUTO, N.B.; ALBERTÓ, E.; GAZIM, Z.C. Quimiotipos, Extracción, Composición y Aplicaciones del Aceite Esencial de *Lippia alba*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 18, n. 1, p. 191-200, 2016. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037

LOPES, J. M. L.; CARVALHO, H. H.; ZORZATTO, C.; AZEVEDO, A. L. S.; MACHADO, M. A.; SALIMENA, F. R. G.; GRAZUL, R. M.; GITZENDANNER, M. A.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S. Genetic relationships and polyploid origins in the *Lippia alba* complex. **American Journal of Botany**, v. 107, n. 3, p. 466-476, 2020. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/ajb2.1443>

MALIK, S.; ODEYEMI, S.; PEREIRA, G. C.; FREITAS, L. M.; ABDUL-HAMID, H.; ATABAKI, N.; MAKHZOUM, A.; ALMEIDA, E. B.; DEWAR, J.; ABIRI, R. New insights into the biotechnology and therapeutic potential of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex P. Wilson. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n. 6, p. 523-535, 2021.
<http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2021.1936667>

MARTINELLI, G. & MORAES, M.A. (orgs.) 2013. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Andrea Jakobsson / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1100p.

MARTINELLI G, MESSINA T & Santos Filho L (2014) **Livro vermelho da flora do Brasil: plantas raras do Cerrado**. Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 320p.

MECENAS, H. H. B. **Efeito repelente do substrato de descarte de formigas cortadeiras**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2019. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/11362>

MELO, C. R.; BLANK, A. F.; OLIVEIRA, B. M. S.; SANTOS, A. C. C.; CRISTALDO, P. F.; ARAÚJO, A. P. A.; BACCI, L. Formicidal activity of essential oils of *Myrcia lundiana* chemotypes on *Acromyrmex balzani*. **Crop Protection**, v. 139, p. 105343, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105343>

MENDOZA, J. D.; CORREIA, L. C.; SAAD, J. C.C.; SIQUEIRA, W. J.; MING, L. C.; CAMPOS, F. G.; BOARO, C.S. F.; MARQUES, M. O. M. Effect of irrigation depth on biomass production and metabolic profile of *Lippia alba* (linalool chemotype) essential oil. **Agricultural Water Management**, v. 262, p. 107393, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107393>

MOLITERNO, A. A. C.; ABREU, P. F. Atividade inseticida dos extratos aquosos de *Gleichenella pectinata* (WILLD.) ching (gleicheniaceae) contra *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (hymenoptera: formicidae). **CES Revista**, v. 30, n. 1, p. 56-68, 2016.

MORCIA, C.; TUMINO, G.; GHIZZONI, R.; TERZI, V. Carvone (*Mentha spicata* L.) Oils. **Essential Oils In Food Preservation, Flavor And Safety**, p. 309-316, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00035-3>.

NAGAO, E. O; INNECCO, R.; MATTOS, S.H.; FILHO, S.M.; MARCO, C.A. Efeito do horário de colheita sobre o teor e constituintes majoritários de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br., quimiotipo citral-limoneno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 355-360, 2004.

OLIVEIRA, M.A.; ARAÚJO, M.S.; MARINHO, C.G.S.; RIBEIRO, M.M.R.; DELLA LÚCIA, T.M.C. Manejo de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Editora). **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011.

OLIVEIRA, A. R. M. F.; JEZLER, C. N.; OLIVEIRA, R. A.; COSTA, L. C. B. Influência da idade da planta na produção de óleo essencial de alevante. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 241-245, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200013>

OLIVEIRA, B.M.S.; MELO, C.R.; ALVES, P.B.; SANTOS, A.A.; SANTOS, A.C. C.; SANTANA, A.D. S.; ARAÚJO, A.P.A.; NASCIMENTO, P.E.S.; BLANK, A.F.; BACCI, L. Essential Oil of *Aristolochia trilobata*: Synthesis, Routes of Exposure, Acute Toxicity, Binary Mixtures and Behavioral Effects on Leaf-Cutting Ants. **Molecules**, v. 22, n. 3, p. 1-17, 2017. <https://doi.org/10.3390/molecules22030335>

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (coord.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, p. 202-256, 1987.

PASCUAL, M.E.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; MATA, D. SÁNCHEZ; VILLAR, A. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v.76, n.3, p.201-214, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00234-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00234-3)

PAVELA, R.; BENELLI, G. Ethnobotanical knowledge on botanical repellents employed in the African region against mosquito vectors – A review. **Experimental Parasitology**, v. 167, p. 103-108, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exppara.2016.05.010>

PAVELA, R.; MAGGI, F.; IANNARELLI, R.; BENELLI, G. Plant extracts for developing mosquito larvicides: from laboratory to the field, with insights on the modes of action. **Acta Tropica**, v. 193, p. 236-271, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.01.019>

PEIXOTO, M.G.; BACCI, L.; BLANK, A.F.; ARAUJO, A.P.A.; ALVES, P.B.; SILVA, J.H.S.; SANTOS, A.A.; OLIVEIRA, A.P.; COSTA, A.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31-36, 2015a. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>

PEIXOTO, M. G.; COSTA-JÔNIO, L. M.; BLANK, A. F.; LIMA, A. S.; MENEZES, T. S. A.; SANTOS, D. A.; ALVES, P. B.; CAVALCANTI, S. C. H.; BACCI, L.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Acaricidal activity of essential oils from *Lippia alba* genotypes and its major components carvone, limonene, and citral against *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 210, n. 1-2, p. 118-122, 2015b. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.03.010>.

PEIXOTO, M. G.; BLANK, A. Fitzgerald; ARRIGONI-BLANK, M. F.; GAGLIARDI, P. R.; MELO, J. O.; NIZIO, D. A. C.; PINTO, V. S. Activity of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against phytopathogenic fungi. **Bioscience Journal**, p. 1136-1146, 2018. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/bj-v34n5a2018-39385>

PIMENTA, L.B.; ARAÚJO, M.S.; LIMA, R.; SILVA, J.M.S.; NAVES, V.G.O. Dinâmica de forrageamento e caracterização de colônias de *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de cerrado goiano. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 9, p. 1-12, 2007.

PIERRE, P.M.O. **Caracterização citogenética e molecular de três acessos de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br (VERBENACEAE)**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2004. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4383>

PIMENTA, M.R.; FERNANDES, L.S.; PEREIRA, U.J.; GARCIA, L.S.; LEAL, S.R.; LEITÃO, S.G.; SALIMENA, F.R.G.; VICCINI, L.F.; PEIXOTO, PH.P. Floração, germinação e estaquia em espécies de *Lippia* L. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 211-220, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000200006>

PINTO, V. S. **Influência da idade da planta na composição química do óleo essencial de *Lippia alba* e de um ciclo de seleção recorrente na atividade formicida**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2017. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/6766>

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B. C.; PELLEGRINO, A. C.; ZARBIN, P. H. G. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, v. 36, n. 9, p.1395-1405, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900021>

PIRI, A.; SAHEBZADEH, N.; ZIBAE, A.; SENDI, J. J.; SHAMAKHI, L.; SHAHRIARI, M. Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: gelechiidae). **Chemosphere**, v. 256, p. 127103, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>

PIRI, A. S.; NAJMEH, Z.; ARASH, S. J. J.; SHAMAKHI, L.; SHAHRIARI, M. Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: gelechiidae). **Chemosphere**, v. 256, p. 127103, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>

RAINA, A.; BEDOUKIAN, R.; FLORANE, C.; LAX, A. Potential of Natural Products and Their Derivatives to Control Formosan Subterranean Termites (Isoptera: rhinotermitidae). **Journal Of Economic Entomology**, v. 105, n. 5, p. 1746-1750, 1 out. 2012. <http://dx.doi.org/10.1603/ec10229>.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e melhoramento de plantas**. 2 eds. Lavras: Editora UFLA, 2005.

RIBEIRO, S. M.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, n. 1, p. 31-38, 2018.

ROCHA, A. G. **Atividade formicida de *Pogostemon cablin* e sua nanoformulação sobre formigas cortadeiras**. 2015. 55 f. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2015. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/3003>

SANTOS, M. R. A.; INNECCO, R. Processamento de folhas de *Lippia alba* visando a maximização da produção de limoneno e carvona. 14 p. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Rondônia**, 2005.

SANTOS, K. O Paraíso das plantas medicinais e temperos é Mandirituba. **Boletim Informativo do Sistema FAEP**, Paraná, n.1238, p. 16-18, 2013.

SANTOS, R. A. M.; FURLAN, G. MORUS NIGRA: novo biocatalisador para obtenção de compostos de interesse industrial. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53403-53413, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-837>

SCHINDLER, B.; SILVA, D. T.; HEINZMANN, B. M. Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* KUNTH. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 263–273, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831581>

SCHOCKEN, N. R. L. Obtenção de quimiotipos híbridos de *Lippia alba* (Mill) NE Brown. **Master Diss. (Master Trop. Subtrop. Agric. Conc. Area Plant Breeding)**, 2007. <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/repositorio/storage/pb1204905.pdf>

SCHIPPMANN, U. W. E.; LEAMAN, D.; CUNNINGHAM, A. B. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. **Frontis**, p. 75-95, 2006. <https://edepot.wur.nl/137165>

SHAHRIARI, M.; ZIBAEI, A.; SAHEBZADEH, N.; SHAMAKHI, L. Effects of α -pinene, trans-anethole, and thymol as the essential oil constituents on antioxidant system and acetylcholine esterase of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: pyralidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 150, p. 40-47, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.06.015>

SILVA, H. S. **Desempenho de famílias de feijoeiro-comum de uma população de seleção recorrente para resistência ao cretamento bacteriano comum**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SILVA, P. H. M.; BRUNE, A.; ALVARES, C. A.; AMARAL, W.; MORAES, M. L. T.; GRATTAPAGLIA, D.; PAULA, R. C. Selecting for stable and productive families of *Eucalyptus urophylla* across a country-wide range of climates in Brazil. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 49, n. 1, p. 87-95, 2019. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0052>

SILVA, D. C.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; FARO, R. R. N.; PINTO, J. A. O.; PEREIRA, K. L. G. Toxicity and behavioral alterations of essential oils of *Eplingiella fruticosa* genotypes and their major compounds to *Acromyrmex balzani*. **Crop Protection**, v. 116, p. 181-187, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.002>

SINGH, P.; PANDEY, A. K. Prospective of essential oils of the genus *Mentha* as biopesticides: A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1295, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01295>

SOUZA JÚNIOR, C. L.; PINTO, R. M. C. Resposta a três ciclos de seleção recorrente recíproca nas populações EPB4 e EPB5 de milho. **Genetics and Molecular Biology**, v. 21, n. 3, p. 247, 1998.

TAVARES, E. S.; JULIÃO, L. S.; LOPES, D.; BIZZO, H.R.; LAGE, C. L. S.; LEITÃO, S. G. Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 1, p. 1-5, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000100002>

TEIXEIRA, A.B. **Avaliação das atividades antimicrobiana e antioxidante dos óleos essenciais das folhas dos quimiotipos I, II e III de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Fortaleza-CE, 2009. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4172>

TOGHLOBI, G. S. S.; ARANTES, R. A.; KNUDSEN, B. G.; TABACH, R.; PEREIRA, M. A. A.; CARVALHO, R. G. de; FERRAZ, R. R. N.; RODRIGUES, F. S. M. Usos clínicos do fitoterápico da erva-baleeira (*Varronia curassavica* jacq.): revisão da literatura. **International Journal of Health Management Review**, v. 8, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.37497/ijhmreview.v8i1.300>

TOMAZONI, E. Z.; PANSEIRA, M. R.; PAULETTI, G. F.; MOURA, S.; RIBEIRO, R. T. S.; SCHWAMBACH, J. In vitro antifungal activity of four chemotypes of *Lippia alba* (Verbenaceae) essential oils against *Alternaria solani* (Pleosporeaceae) isolates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.88, n. 2, p.999-1010, 2016. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150019>

TORRES, A. F.; LASMAR, O.; CARVALHO, G. A.; SANTA-CECÍLIA, L.V. C.; ZANETTI, R.; OLIVEIRA, D. Atividade inseticida de extratos de plantas no controle de formiga cortadeira, em cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 371-378, 2013.
<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/7991>

TRINDADE, R. B.; FERNANDES, M. G.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, P. H. A. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, noctuidae) em milho convencional e Bt. **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 2, p. 89–93, 2017.
<https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v10i2.683>

WEI, L.; HUA, R.; LI, M.; HUANG, Y.; LI, S.; HE, Y.; SHEN, Z. Chemical composition and biological activity of star anise *Illicium verum* extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* adults. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 80, 2014.
<https://doi.org/10.1093/jis/14.1.80>

YAMAMOTO, P.V. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.** 2006. 77f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Genética e Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Instituto Agrônômico, curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Campinas-SP, 2006.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.; SANTOS, J.; SILVA, W.; RIBEIRO, G.; LEMES, P. An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: *formicidae*) in brazilian forest plantations. **Forests**, v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014.
<http://dx.doi.org/10.3390/f5030439>

4. ARTIGO 1: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE PROGÊNIES DE *Lippia alba*

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico *Ciência Rural*

RESUMO

Lippia alba (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) é uma planta medicinal e aromática nativa da América do Sul, onde se encontra distribuída em todo território brasileiro, popularmente conhecida como erva-cidreira, erva-cidreira brasileira, erva-cidreira do campo, alecrim, dentre outras denominações. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho morfoagronômico de progênies de *L. alba*, provenientes do segundo ciclo de seleção recorrente. O experimento foi conduzido em São Cristóvão, na Fazenda Experimental “Campus Rural da UFS”. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 3 repetições, com parcelas constituídas por 4 plantas. O espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre plantas e 0,8 m entre linhas das progênies e seus parentais, sendo os tratamentos constituídos pelos acessos progenitores LA-56, LA-57 e LA-70; pelas progênies do primeiro ciclo de seleção recorrente (C1) LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e pelas progênies do segundo ciclo de seleção recorrente (C2) LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01. Foram avaliadas as características morfológicas: altura de planta (AP); largura de planta (LP); diâmetro do caule (DC); área foliar (AF); comprimento da folha (CF); largura da folha (LF); razão do comprimento/largura da folha (CF/LF); distância entre os nós (EN); hábito de crescimento (HC). Além das características agrônômicas: produção de massa seca (MS), teor (TOE) e rendimento (ROE) de óleo essencial. As médias variaram de 45,92 a 94,42 cm para AP; de 94,33 a 397,75 cm para LP; de 1,92 a 4,27 cm para DC; de 2,38 a 6,51 cm² para a AF; de 2,76 a 3,82 cm para CF; de 1,34 a 2,35 cm para LF; de 1,56 a 2,07 para a relação CF/ LF; de 2,75 a 5,08 cm para EN, de 1,0 a 4,33 entre as notas de HC. Para as características agrônômicas, observou-se que a massa seca variou de 3,43 a 30,53 g. planta⁻¹. O teor médio de óleo essencial variou de 0,83 a 3,39% e rendimento entre 0,05 e 1,02 mL. planta⁻¹. A partir da análise de agrupamento, foi possível verificar a formação de 3 grupos em função de 21 variáveis morfoagronômicas, sendo o Grupo 1 formado pelas progênies LA-56, LA-70, LA-56-03, LA-57, LA-70-01, LA-57-10, o Grupo 2 pelas progênies LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02 e o Grupo 3 por LA-57-10-05, LA-70-01-01. Baseado na análise de variância e aplicação de contrastes Acessos x Progênies C₂ e Progênies C₁ x Progênies C₂, verifica-se que a média dos acessos e das progênies C₁ é superior para a maioria das variáveis em relação à média das progênies C₂. Dessa forma, o segundo ciclo de seleção recorrente de *Lippia alba* não proporcionou a elevação das médias para características morfoagronômicas em relação às progênies do primeiro ciclo de seleção recorrente.

Palavras-chaves: Verbenaceae, marcadores fenotípicos, caracterização morfológica.

4.1. Introdução

Lippia alba, também chamada de erva-cidreira-brasileira, falsa-melissa, cidreira de arbusto, entre outros nomes, pertence ao gênero *Lippia*, que compreende mais de 200 espécies, as quais são bem distribuídas em regiões tropicais, nas Américas subtropicais e temperadas, e em outros continentes como no africano e asiático (BANDEIRA et al., 2014). Ela é uma planta arbustiva, bastante utilizada na medicina popular por brasileiros. Por esse motivo é uma das espécies medicinais mais estudadas no Brasil (SANTOS et al., 2015). Muitas de suas propriedades medicinais estão relacionadas aos compostos presentes nos seus óleos essenciais.

O óleo essencial (OE) de *L. alba* apresenta diversas propriedades benéficas para saúde humana, por exemplo: anti-hipertensiva, sedativa, reguladora de distúrbios estomacais e hepáticos (CORTEZ et al., 2015; LINDE et al., 2016). Os compostos químicos em maior proporção no OE, denominados majoritários, caracterizam o quimiotipo. Além das conhecidas atividades medicinais exploradas na indústria farmacêutica, essas substâncias também despertam o interesse para uso em outros diversos segmentos, como nas indústrias de alimentos, limpeza, cosméticos e perfumaria, além de serem potencialmente úteis para indústrias agroquímicas, devido às propriedades biológicas desses compostos, como antibacteriana, antifúngica, nematicida, inseticida e repelente (GONÇALVES et al., 2016; PEIXOTO et al., 2015).

Em 2017, o valor de mercado global estimado de ervas medicinais e suplementos fitoterápicos girava em torno de US\$ 107 bilhões (WANG et al., 2020). A demanda substancial, a superexploração provocada pela coleta indiscriminada e o desmatamento descontrolado, podem causar erosão genética nessas espécies. Uma alternativa interessante para resolver a disparidade entre a oferta e a demanda por plantas medicinais, é o cultivo em larga escala. Para isso, é necessário ter a disponibilidade de germoplasmas com características de interesse, como boa taxa de germinação, uniformidade, qualidade e rendimento, que tenham alto valor econômico. O melhoramento genético de plantas medicinais visa o aumento do rendimento de massa seca da planta atrelada ao aumento no acúmulo de metabólitos secundários, como é o caso do óleo essencial e dos ingredientes ativos presentes nele (WANG et al., 2020). A exemplo do que já é objetivado no melhoramento de plantas agrícolas, características morfológicas como a arquitetura da planta podem auxiliar em tomadas de decisão quanto ao adensamento de plantas (BORRELLI et al., 2009) e o uso da colheita mecanizada.

A Universidade Federal de Sergipe conserva *in vivo*, um banco ativo de plantas medicinais e aromáticas. Estudos com os acessos do grupo químico carvona + limoneno, da coleção de *L. alba* da UFS, revelaram a ação inseticida de seus OE sobre insetos-praga como os de grãos armazenados: *Sitophilus zeamais* e adultos de *Tribolium castaneum* (PEIXOTO et al., 2015), e sobre uma das principais pragas no cultivo de milho, a lagarta de *Spodoptera frugiperda* (NICULAU et al., 2013). Diante disso, deu-se início a um programa de melhoramento da espécie visando aumentar os teores de carvona no óleo essencial.

O método de seleção mais adequado a ser empregado no melhoramento de plantas deve levar em consideração as características reprodutivas da espécie, os caracteres a ser melhorados e o nível de controle ambiental disponível. A seleção recorrente se apresenta como um método adequado para espécies alógamas, a exemplo da *L. alba*. Nele, a seleção é seguida de recombinação dos melhores indivíduos ou progênies durante ciclos de seleção (SINGH et al., 2021). Dentre as etapas da seleção recorrente, a avaliação e seleção de progênies tem suma importância dentro do programa de melhoramento (MORAIS JÚNIOR et al., 2017), pois através do auxílio de ferramentas estatísticas, indivíduos superiores ou com características potenciais são selecionados para a etapa posterior (SINGH et al., 2021), que pode ser a recombinação alélica para formação de novas progênies para um próximo ciclo ou até mesmo a seleção de potenciais cultivares que seguirão para testes de valor de cultivo e uso, para posterior registro ou proteção legal. Dentre as características avaliadas para a seleção no ciclo, as morfológicas se apresentam como descritores muito acessíveis para quantificar a diversidade

fenotípica quando comparados a técnicas moleculares mais avançadas. Já os caracteres agronômicos fornecem informações para o cultivo comercial e para determinar o uso dos acessos (SILVA et al., 2017).

Esses descritores levam em consideração características desejáveis que atendam às exigências do mercado, além de mostrarem adaptabilidade e estabilidade dos acessos em uma determinada região de cultivo, resistência a pragas, entre outros. Em um primeiro ciclo de seleção recorrente, foram selecionadas progênies que além de produzirem teores satisfatórios de óleo essencial e de carvona, apresentaram potencial formicida maior que os acessos genitores. Essas progênies foram inter cruzadas e geraram progênies de segundo ciclo de seleção recorrente.

Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar as características morfológicas e agronômicas de progênies de *L. alba* do segundo ciclo de seleção recorrente, juntamente com seus parentais com OE ricos em carvona.

4.2. Material e métodos

4.2.1 Local e material vegetal

O processo de recombinação e de competição de progênies foram realizados na fazenda experimental “Campus Rural da UFS” (10°9236'S, 37°1993'O), no município de São Cristóvão-SE. As progênies LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e LA-70-03 selecionadas no primeiro ciclo de seleção recorrente do programa de melhoramento de *L. alba* da UFS, foram multiplicadas por estaquia e foram obtidas 7 plantas de cada, para implantação do ensaio de recombinação.

O espaçamento utilizado foi de 1,0 x 1,0 m entre linhas e entre plantas, que foram dispostas de forma que a sua vizinha imediata não fosse outro clone da própria planta, para facilitar o cruzamento natural entre indivíduos diferentes promovido pelos polinizadores, que são as abelhas em sua maioria. Quando os frutos atingiram a maturidade fisiológica, as sementes foram colhidas e identificadas de acordo com cada planta-mãe, beneficiadas e rapidamente plantadas em vasos de polietileno de 1L, com substrato comercial Topstrato para hortaliças, esterco bovino curtido e solo de Horizonte “A” de argissolo – amarelo na proporção de 1:1:1.

A partir deste processo de recombinação entre as progênies selecionadas no primeiro ciclo de seleção recorrente foram obtidas cinco progênies (LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01) de segundo ciclo (C₂), as quais foram conduzidas em casa de vegetação com irrigação controlada. Ao atingirem tamanho de ramos suficientes, foram retiradas estacas de aproximadamente 15 cm de cada progênie de segundo ciclo para obtenção de 12 clones de cada para implantação do ensaio de competição de progênies. Além destas, o ensaio de competição foi constituído por seus genitores, que são as progênies do primeiro ciclo (C₁): LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e LA-70-03 e os acessos (progenitores) LA-56, LA-57, LA-70 da população base do grupo químico carvona do programa de melhoramento de *L. alba* da UFS.

4.2.2 Delineamento experimental e manejo

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições, com parcelas constituídas por 4 plantas. O espaçamento foi de 0,8 m entre plantas e 0,8 m entre linhas. Foram testadas 5 progênies do segundo ciclo (C₂), 3 progênies do primeiro ciclo (C₁) e 3 acessos, totalizando 11 tratamentos.

Antes do transplântio das mudas, realizou-se na área do experimento uma aração do solo e gradagem para nivelamento. Em cada cova de 0,30 m de diâmetro por 0,30 m de profundidade foi adicionado 1,0 L de esterco bovino curtido. As plantas foram transferidas para o campo em agosto de 2019. O controle da vegetação infestante foi feito mensalmente, com capinas manuais. As plantas foram irrigadas por gotejamento, apenas nos quinze primeiros dias da implantação, após isto a irrigação foi interrompida.

4.2.3 Caracterização morfoagronômica

A caracterização morfológica foi realizada em novembro de 2019, após 120 dias do transplântio das mudas para o campo, estando as plantas em plena floração. Foram avaliados:

- Altura de planta (AP): medidas da região do colo até a gema apical do maior ramo. Os resultados foram expressos em centímetros (cm);

- Largura de planta (LP): foi medida a distância entre os ápices dos dois maiores ramos, que se encontram os mais opostos possíveis (aproximadamente 180°). Os resultados foram expressos em centímetros (cm);

- Comprimento (C), Largura (L) e relação (C/L) de folha: foram tomadas aleatoriamente, quatro folhas do terço médio dos ramos de cada planta da parcela. Os resultados (médias) foram expressos em centímetros (cm) para largura e comprimento da folha;

- Área Foliar (AF): quatro folhas coletadas aleatoriamente do terço médio dos ramos de cada planta da parcela foram utilizadas para medir a área foliar no aparelho LI-COR modelo LI-3100c (cm²);

- Entrenó: é a distância encontrada entre uma folha e outra, num conjunto de folhas no terço médio da planta, utilizando uma trena ou régua para aferir essa distância (cm);

- Diâmetro do caule: realizando-se a medição com trena no terço médio da planta (cm);

- Hábito de crescimento (HC): foi definido de acordo com uma escala de notas que variou de 1 a 5: 1- Plantas eretas; nenhum galho toca no solo; 2 - Plantas com 25% dos galhos tocando o solo; 3 - Plantas com 50% dos galhos tocando o solo; 4 - Plantas com 75% dos galhos tocando o solo; 5 - Plantas com 100% dos galhos tocando o solo;

- Coloração de flores e folhas: quatro inflorescências e quatro folhas de cada planta da parcela foram digitalizadas, sendo que das folhas foram escaneadas as superfícies, superior (adaxial) e inferior (abaxial), por um scanner HP MFP 1005. As cores das pétalas das flores e das lâminas das folhas foram analisadas com o auxílio do software Paint 3D para Windows, versão 6.2003.4017.0. Foram amostrados seis pontos da coloração em cada pétala da flor e cada face da folha, e então seus valores médios de RGB (red, green e blue) foram calculados e convertidos no código hexadecimal para padronização internacional de cores.

A caracterização agrônômica se deu pelo corte do caule principal de cada planta, na altura de 30 cm em relação ao solo. As folhas foram separadas do caule e mantidas por cinco dias em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 40°C ± 1 para secagem. Os óleos essenciais foram obtidos por hidrodestilação (30g de folhas secas; 1,5L de água destilada; 120 min) em aparelho Clevenger modificado. Foram avaliados: massa seca de folhas (MS), teor (TOE) e rendimento de óleo essencial (ROE).

$$\text{Teor (\%)} = \left(\frac{\text{volumedooleoessencialextraidodecadaamostra}}{\text{massasecadeacadaamostra}} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimento (mL. planta}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Teor(\%)} \times \text{massasecaporplanta}}{\text{massasecadecadaplanta}} \right)$$

4.2.4 Análises estatísticas

Os dados da caracterização morfoagronômica foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), através do programa estatístico SISVAR[®]. Foram realizados 2 contrastes de interesse: Progênes C₂ vs. Acessos e Progênes C₂ vs. Progênes C₁.

Foram realizadas análises multivariadas: análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento, com o programa Statistica[®]. Para a análise de agrupamento, foi construída uma matriz de dissimilaridade baseada nos caracteres morfoagronômicos, de acordo com a distância euclidiana. A matriz de dissimilaridade foi simplificada através de dendrograma por meio do método de agrupamento de Ward.

4.3. Resultados

Durante a germinação das sementes colhidas das progêneses C₁, observou-se um comportamento bem distinto quanto ao tempo de colheita até o início da germinação. As sementes das progêneses: LA-56-03-01, LA-57-10-01 e LA-57-10-02 germinaram entre 60 e 90 dias após a semeadura; as progêneses LA-56-03-02 e LA-70-01-01 germinaram entre 100 e 120 dias após a semeadura; enquanto a LA-57-10-05 germinou próximo dos 180 dias após a semeadura. Das sementes coletadas no ensaio de recombinação das progêneses C₁, apenas a LA-70-03 não gerou nenhuma progênie. As progêneses germinadas que se desenvolveram a ponto de serem multiplicadas foram: LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-01, LA-57-10-05 e LA-70-01-01.

Na avaliação da tonalidade de cores de folhas e flores escaneadas, observou-se na escala RGB diferença significativa apenas na tonalidade verde (Green) entre pétalas. Os genótipos não variaram significativamente nas colorações das folhas nas faces adaxial e abaxial (Tabela 1).

O contraste 1: Progêneses C₂ vs. Acessos foi significativo para todas as variáveis, exceto para AP, AF e CF (Tabela 2). As médias dos acessos se mostraram superiores às progêneses C₂ com valores respectivos de 276,64 e 128,30 cm para LP; 3,96 e 2,92 cm para DC; 1,98 e 1,78 cm para LF; 4,42 e 3,68 cm para EN; 4,11 e 1,87 para HC; 3,04 e 1,60% para TOE; 0,68 e 0,12 mL. planta⁻¹ para ROE e 22,41 e 9,43 g para MS. O contraste 2: Progêneses C₂ vs. Progêneses C₁ foi significativo para LP, DC, AF, EM, HC e para as variáveis agronômicas (TOE, ROE e MS) (Tabela 2). As médias das progêneses C₁ se mostraram superiores às progêneses C₂ com valores respectivos de 315,75 e 128,30 cm para LP; 3,78 e 2,92 cm para DC; 4,55 e 4,19 cm² para AF; 4,97 e 3,68 cm para EN; 4,22 e 1,87 para HC; 2,46 e 1,60% para TOE; 0,68 e 0,12 mL. planta⁻¹ para ROE e 27,25 e 9,43 g para MS.

Quanto à altura de planta (AP), destacaram-se: as progêneses LA-56-03-01, que estatisticamente apresentou média (84,58 cm) semelhante à sua genitora LA-56-03 (89,75 cm) e superior à sua progenitora LA-56 (70,08 cm); as progêneses LA-57-10-02 (94,42 cm) e LA-57-10-05 (81,08 cm), as quais superaram a sua genitora LA-57-10 (77,33 cm) e progenitora LA-57 (64,83 cm). A progênie LA-56-03-02 apresentou média (64,50 cm) inferior à sua genitora LA-56-03 (89,75 cm) e semelhante à sua progenitora LA-56 (70,08 cm), enquanto LA-70-01-01 apresentou média (45,92 cm) inferior à de sua genitora LA-70-01 (72,67 cm) e progenitora LA-70-01-01 (83,67 cm) (Tabela 3).

Para largura de planta (LP), as médias variaram entre 397,75 cm (LA-57-10) e 94,33 cm (LA-56-03-02). Sendo que nenhuma das progêneses de 2º ciclo (C₂) apresentou média superior à sua respectiva progênie de primeiro ciclo (C₁) (Tabela 3).

Em relação ao diâmetro do caule (DC), houve variação das médias de 1,92 cm (LA-56-03-02) a 4,00 cm (LA-56). Sendo que, os acessos LA-56 (4,00 cm), LA-57 (4,08 cm), as progêneses C₁ LA-57-10 (4,00 cm) e C₂ LA-57-10-02 (4,27 cm) não diferiram entre si e foram superiores aos demais genótipos para DC (Tabela 3).

Na observação das áreas foliares (AF), notou-se que a progênie C₂ LA-56-03 (6,08 cm²) e C₁ LA-57-10-05 (6,51 cm²) não diferiram significativamente entre si e superaram os demais genótipos. LA-70-01-01 (C₁) obteve média (5,14 cm²) de AF superior as de seus parentais LA-70 e LA-70-01. Já as progêneses C₂ LA-56-03-01 (3,95 cm²), LA-56-03-02 (2,98 cm²) e LA-57-10-02 (2,38 cm²) apresentaram médias de AF inferiores às de seus parentais de C₂ LA-56-03 e LA-57-10 e acessos LA-56 e LA-57 (Tabela 3).

Houve a formação de três agrupamentos de médias de comprimento foliar (CF), onde LA-56 (3,53 cm), LA-56-03 (3,53 cm), LA-56-03-01 (3,39 cm), LA-57-10 (3,38 cm), LA-57-10-05 (3,68 cm) e LA-70-01-01 (3,82 cm) não diferiram significativamente, pertencendo ao grupo de médias de CF superiores aos demais genótipos. Já para as medidas de largura foliar houve uma variação de 2,53 cm da progênie C₂ LA-57-10-05, sendo essa significativamente aos demais genótipos, até 1,34 cm da progênie C₂ LA-57-10-02, sendo essa significativamente semelhante à progênie C₂ LA-56-03-02 (1,43 cm) e inferior aos demais genótipos.

Para a largura da foliar, a progênie que apresentou a maior média foi LA-57-10-05 com 2,35 cm. A relação do comprimento / largura foliar (C/L) determina o formato da folha, quanto maior for o valor dessa relação, a folha tenderá a um formato lanceolado e quanto menor for, a folha tenderá a um formato ovalado. As progênies C₂: LA-56-03-01 (1,99 cm), LA-56-03-02 (2,09 cm) e LA-57-10-02 (2,07 cm) e a progênie C₁: LA-57-10 (1,92 cm), foram significativamente semelhantes e suas folhas foram mais lanceoladas que as dos demais genótipos. Enquanto, os acessos LA-56 (1,67 cm) e LA-57 (1,60 cm) e a progênie C₂ LA-57-10-05 (1,56 cm) foram significativamente semelhantes e apresentaram folhas mais ovaladas que os demais genótipos (Tabela 3).

A distância entre os nós (EN) quanto maior, indica ao crescimento de ramos com folhas mais espaçadas entre si, ou quanto menor, indica um menor crescimento dos ramos, propiciando menor distância entre as folhas que brotam desses nós. Distâncias significativamente semelhantes de EN foram observadas nos acessos LA-56 (4,58 cm) e LA-70 (4,54 cm), nas progênies C₁: LA-56-03 (5,08 cm), LA-57-10 (4,79 cm) e LA-70-01 (5,04 cm), tendo esses as maiores distâncias de EN. Já a menor distância de EN foi observada na progênie C₂ LA-70-01-01 (Tabela 3).

As notas para hábito de crescimento (HC) descrevem o comportamento da planta quanto ao número de galhos que tocam o solo, notas maiores denotam o comportamento de planta prostrada, onde os ramos tendem a se entrelaçarem, enraizarem e explorarem o solo ao entorno do seu caule principal. Notas de HC menores, denotam o comportamento de plantas mais eretas e com pouco ou nenhum galho tocando o solo (Tabela 3).

Os acessos: LA-56 (4,33), LA-57 (4,00) e LA-70 (3,67), as progênies C₁: LA-56-03 (4,00), LA-57-10 (4,00) e LA-70-01 (4,00) apresentaram as maiores notas de HC, não diferindo significativamente entre si, o que lhes confere característica de plantas mais prostradas. Já as progênies C₂: LA-56-03-01, LA-56-03-02 e LA-57-10-05, que foram significativamente semelhantes, apresentam um hábito de crescimento mais ereto, seguidos das progênies C₂: LA-57-10-02 (2,67) e LA-70-01-01 (3,00) (Tabela 3). O HC mais ereto facilita o processo de colheita mecanizada que pode favorecer a produção em escala comercial.

Para o teor de óleo essencial (TOE), os parentais LA-56, LA-70 e a progênie LA-57-70 se destacaram em relação aos demais e, em contrapartida, as progênies LA-57-10-02, LA-70-01, LA-70-01-01 e LA-56-03-01 se destacaram pelo baixo teor em comparação aos seus parentais. Para o rendimento de óleo essencial (ROE) com a progênie LA-57-10 e o parental LA-56 se destacaram nessa característica positivamente, na comparação com as progênies de segundo ciclo LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01, ficou contrastado um padrão dessas progênies, sendo este um declínio dos valores encontrados e assim um desempenho menor em comparação com seus parentais.

Já a produção de massa seca (MS), os acessos parentais LA-56; LA-57 e LA-70 apresentaram valores de massa seca maiores que as progênies de segundo ciclo criadas a partir delas, respectivamente. As progênies de primeiro ciclo obtiveram a produção de massa seca estatisticamente iguais aos seus parentais (Tabela 4).

Foram formados três grupos na análise de agrupamento baseado nas características morfológicas e agronômicas (Figura 4). O grupo 1 foi constituído pelos acessos e pelas progênies C₁, e se caracterizou pelas maiores médias para LP, DC, EN, HC, TOE, ROE e MS. O grupo 2 foi constituído por três progênies C₂ (LA-56-03-01, LA-56-03-02 e LA-57-10-02) e se caracterizou pelas maiores médias para a relação CF/LF, assim como para as tonalidades RGB da face abaxial das folhas. O grupo 3 foi constituído por duas progênies C₂: LA-57-10-05 e LA-70-01-01 e se caracterizou pelas maiores médias para AF, CF e LF e para as tonalidades RGB da face adaxial das folhas (Figura 4).

A análise de componentes principais (ACP) explicou 61,63% da variabilidade total, em dois componentes principais (Figura 5). O componente principal primário representou 35,03% da variância total e se correlacionou positivamente com LP ($r = 0,88$); DC ($r = 0,90$); HC ($r = 0,86$); ROE ($r = 0,85$); MS ($r = 0,90$) e negativamente com Green ABA ($r = -0,74$). O

componente principal secundário representou 26,59% da variância total e se correlacionou positivamente com AF ($r = 0,80$); CF ($r = 0,86$); LF ($r = 0,89$); Red ADA ($r = 0,87$); Green ADA ($r = 0,85$) e Blue ($r = 0,78$) e negativamente com CF/LF ($r = -0,72$).

4.4. Discussão

As características morfoagronômicas podem ser utilizadas para diferenciar acessos de *L. alba*, como verificado no trabalho de Jannuzzi et al. (2011) que demonstrou a variabilidade entre plantas de *L. alba* a partir das diferenças entre características morfológicas e o rendimento de óleo essencial, e no trabalho de Tavares et al. (2005) que demonstrou a partir de caracteres morfológicos, que existem diferenças genéticas, mesmo entre plantas coletadas de locais próximos.

As progênies oriundas do segundo ciclo de seleção recorrente não foram superiores aos parentais e progênies de primeiro ciclo, esse fato pode estar relacionado à redução da heterozigosidade máxima, observada no primeiro ciclo de seleção (RODRIGUES et al., 2013), não havendo o acúmulo de alelos favoráveis ao longo das gerações.

O estreitamento da base genética em plantas alógamas pode promover a endogamia, fenômeno que é explicado pelo aumento de alelos recessivos em homozigose, causando efeitos deletérios em plantas. Como observado, houve uma redução da largura de copa das progênies C₂, sendo essa variável importante, pois influencia diretamente o rendimento de massa fresca e seca das plantas.

4.5. Conclusões

Os teores de óleo essencial de progênies de 2º ciclo não foram elevados em relação aos acessos e progênies de 1º ciclo, sendo indicado o aumento da base genética, através da adição de genótipos do quimiotipo carvona com características morfológicas e agronômicas de interesse para recombinação em um 3º ciclo.

4.6. Referências Bibliográficas

BANDEIRA, M. G. L.; OLIVEIRA FILHO, R. D.; SOUZA PAIVA, W.; ABRANTES, M. R.; SILVA, J. B. A.; DAMACENO, M. N. Perfil de Sensibilidade de *Staphylococcus* Spp. A Frações Proteicas Extraídas de Erva Cidreira (*Lippia Alba* (Mill.) N.E. Brown). **Proceedings of The Xii Latin American Congress on Food Microbiology and Hygiene**, p. 20-21, 2014. Available from: < <http://dx.doi.org/10.5151/foodsci-microal-277>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.5151/foodsci-microal-277.

BORRELLI, G. M.; VITA, P.; MASTRANGELO, A. M.; CATTIVELLI, L. Integrated Views in Plant Breeding. **Crop Physiology**, p. 327-354, 2009. Available from:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374431-9.00014-1>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1016/B978-0-12-374431-9.00014-1.

CORTEZ, L.E.R.; YAMAGUCHI, M.U.; CORTEZ, D. A. G.; PESCO, D. C. S. Avaliação da atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) e *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf (Poaceae). **O Mundo da Saúde**, v. 39, n. 4, p.433-440, 2015.

GONÇALVES, F.J.T.; BARBOSA, F.G.; LIMA, J.S.; COUTINHO, I.B.L.; OLIVEIRA, F.C.; ROCHA, R.R.; ANDRADE NETO, M. Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 149-156, 2016. Available

from:<https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_127>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/1983-084X/15_127

JANNUZZI, H.; MATTOS, J.K.A.; SILVA, D.B.; GRACINDO, L.A.M.; VIEIRA, R. F. Avaliação agronômica e química de dezessete acessos de erva-cidreira [*Lippia alba* (Mill.) N.E.Brown] - quimiotipo citral, cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 3, p. 258-264, 2011. Available from:<<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722011000300002>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/s1516-05722011000300002

LINDE, G.A.; COLAUTO, N.B.; ALBERTÓ, E.; GAZIM, Z.C. Quimiotipos, Extracción, Composición y Aplicaciones del Aceite Esencial de *Lippia alba*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 191-200, 2016. Available from:<https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/1983-084X/15_037.

MORAIS JÚNIOR, O. P.; MELO, P. G. S.; MORAIS, O. P.; COLOMBARI FILHO, J. M. Genetic variability during four cycles of recurrent selection in rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 11, p. 1033-1041, 2017. Available from:<<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017001100009>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/S0100-204X2017001100009

NICULAU, E. S.; ALVES, P. B.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Quim. Nova**, v. 36, n. 9, p. 1391-1394, 2013. Available from:<<https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900020>>. Accessed: Mar. 18, 2009. doi: 10.1590/S0100-40422013000900020.

PEIXOTO, M.G.; BACCI, L.; BLANK, A.F.; ARAUJO, A.P.A.; ALVES, P.B.; SILVA, J.H.S.; SANTOS, A.A.; OLIVEIRA, A.P.; COSTA, A.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31-36, 2015. Available from:<<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.03.084

RODRIGUES, N. B. **Variabilidade genética de populações de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne e *Dipteryx alata* Vogel em áreas nativas e em plantios de recuperação de áreas degradadas em Paracatu**, 2013. xiv, 113 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2013. Available from:<<https://repositorio.unb.br/handle/10482/13833>>. Accessed: Fev. 16, 2023.

SANTOS, A.C.B.; NUNES, T.S.; COUTINHO, T.S.; SILVA, M.A.P. Uso popular de espécies medicinais da família Verbenaceae no Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 42, p. 980-991, 2015. Available from:<https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_083>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/1983-084X/14_083.

SILVA, J. C.; TAVARES, A. T.; ALVES, F. Q. G.; VAZ, J. C.; MOMENTÉ, V. G.; NASCIMENTO, I. R. Similaridade genética entre progênies de meio-irmãos de batata-doce com base em caracteres agronômicos. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 4, n. 4, p. 70-83, 2017. Available from:<<https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p70>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p70.

SINGH, D. P.; SINGH, A. K.; SINGH, A. Recurrent selection in self-pollinated crops. **Plant Breeding And Cultivar Development**. p. 331-343, 2021. Available

from:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817563-7.00007-6>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1016/B978-0-12-817563-7.00007-6.

TAVARES, E. S.; JULIÃO, L. S.; LOPES, D.; BIZZO, H. R.; LAGE, C. L. S.; LEITÃO, S. G. Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 1, p. 1-5, 2005. Available from:<<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-695x2005000100002>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1590/s0102-695x2005000100002.

WANG, W.; XU, J.; FANG, H.; LI, Z.; LI, M. Advances and challenges in medicinal plant breeding. **Plant Science**, v. 298, p. 110573, set. 2020. Available from:<<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110573>>. Accessed: Fev. 16, 2023. doi: 10.1016/j.plantsci.2020.110573.

Tabela 1. Combinações de cores vermelha, verde e azul e seus códigos hexadecimais.

Genótipo	Pétala					Face adaxial da folha					Face abaxial da folha				
	Red	Green	Blue	Co r	Cód	Red	Green	Blue	Co r	Cód	Red	Green	Blue	Co r	Cód
LA-56-03-01	201 a	157 a	194 a		#c99dc2	74 a	88 a	35 a		#4a5823	104 a	117 a	55 a		#687537
LA-56-03-02	210 a	165 a	217 a		#d2a5d9	58 a	77 a	35 a		#3a4d23	93 a	110 a	64 a		#5d6e40
LA-57-10-01	220 a	182 a	215 a		#dcb6d7	70 a	91 a	37 a		#465b25	107 a	119 a	61 a		#6b773d
LA-57-10-05	189 a	132 b	174 a		#bd84ae	57 a	75 a	23 a		#394b17	92 a	108 a	64 a		#5c6c40
LA-70-01-01	206 a	173 a	207 a		#ceadcf	52 a	74 a	27 a		#344a1b	100 a	114 a	72 a		#647248
LA-56-03	202 a	143 b	196 a		#ca8fc4	61 a	77 a	30 a		#3d4d1e	86 a	97 a	61 a		#56613d
LA-57-10	204 a	164 a	198 a		#cca4c6	53 a	81 a	28 a		#35511c	86 a	109 a	51 a		#566d33
LA-70-01	197 a	154 b	202 a		#c59aca	54 a	74 a	38 a		#364a26	93 a	109 a	66 a		#5d6d42
LA-56	210 a	141 b	212 a		#d28dd4	57 a	78 a	28 a		#394e1c	81 a	101 a	45 a		#51652d
LA-57	193 a	150 b	185 a		#c196b9	46 a	64 a	29 a		#2e401d	85 a	99 a	50 a		#556332
LA-70	205 a	162 a	203 a		#cda2cb	63 a	86 a	33 a		#3f5621	99 a	121 a	61 a		#63793d
CV (%)	7,45	10,03	9,37			18,74	12,59	31,83			12,73	10,20	14,77		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para variáveis morfoagronômicas do segundo ciclo de seleção recorrente de *Lippia alba* e as médias dos acessos e progênes C₁ e C₂ para as variáveis avaliadas.

FV	GL	QM											
		AP (cm)	LP (cm)	DC (cm)	AF (cm ²)	CF (cm)	LF (cm)	CF/LF	EN (cm)	HC	TOE (%)	ROE (mL. Planta ⁻¹)	MS (g planta ⁻¹)
Bloco	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genótipo	(10)	567,51174**	30216,95568**	1,84523**	5,00176**	0,27765**	0,25992**	0,09317**	1,43451**	5,68485**	2,03658**	0,32583**	324,94550**
Entre acessos	2	283,38194 ^{NS}	3858,42361*	0,06523 ^{NS}	2,59898*	0,09418 ^{NS}	0,06141*	0,02430 ^{NS}	0,19354 ^{NS}	0,11111 ^{NS}	0,52508*	0,02458 ^{NS}	32,65274 ^{NS}
Entre progênes C ₁	2	233,89583 ^{NS}	15137,33333*	0,11591 ^{NS}	5,40280**	0,07214 ^{NS}	0,02910*	0,01574 ^{NS}	0,07410 ^{NS}	0,11111 ^{NS}	2,16173**	0,28538*	36,90441 ^{NS}
Entre progênes C ₂	4	1093,42083**	6665,23542**	2,64092**	8,30949**	0,60709**	0,55122**	0,14306*	0,98085**	3,26667**	0,66462**	0,01346**	266,33882**
Contraste 1 (C ₂ vs Acessos)	1	8,63351 ^{NS}	123774,89601**	6,07620**	0,24911 ^{NS}	0,000001 ^{NS}	0,21267**	0,27889**	3,09878**	28,33611**	11,63522**	1,74863**	947,76715**
Contraste 2 (C ₂ vs C ₁)	1	190,31406 ^{NS}	197648,45156**	4,16455**	0,73984*	0,01320 ^{NS}	0,02256 ^{NS}	0,03155 ^{NS}	9,45756**	31,21111**	4,21850**	1,80483**	1785,20775**
Resíduo	20	88,61572	854,31932	0,04976	0,15095	0,02793	0,00927	0,01272	0,15510	0,21212	0,04236	0,00712	15,81740
Total	32												
CV (%)		12,49	13,29	6,49	8,94	5,01	5,20	6,17	9,30	14,76	9,25	19,87	22,30
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)		(cm)		(%)	(mL. Planta ⁻¹)	(g. planta ⁻¹)
Média - acessos		72,86	276,64	3,96	4,40	3,33	1,98	1,69	4,42	4,11	3,04	0,68	22,41
Média - progênes C ₁		79,92	315,75	3,78	4,55	3,37	1,85	1,83	4,97	4,22	2,46	0,68	27,25
Média - progênes C ₂		74,10	128,30	2,92	4,19	3,33	1,78	1,91	3,68	1,87	1,60	0,12	9,43

Altura da planta (AP), Largura da planta (LP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), relação comprimento/largura da folha (C/L), entrenó (EN), hábito de crescimento (HC), teor de óleo essencial (TOE), rendimento de óleo essencial (ROE) e massa seca (MS).

**, *, ^{NS}: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios para altura de planta (AP), largura de planta (LP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), razão do comprimento/largura da folha (CF/LF), distância entre os nós (EN) e hábito de crescimento (HC) das progênies de *Lippia alba* de segundo ciclo de seleção e seus parentais.

Progênies	AP (cm)	LP (cm)	DC (cm)	AF (cm ²)	CF (cm)	LF (cm)	CF/LF	EN (cm)	HC (notas)
LA-56	70,08 b	298,50 b	4,00 a	4,54 b	3,53 a	2,09 b	1,67 c	4,58 a	4,33 a
LA-56-03	89,75 a	276,42 b	3,71 b	6,08 a	3,53 a	1,96 c	1,80 b	5,08 a	4,00 a
LA-56-03-01	84,58 a	109,08 d	1,92 d	3,95 c	3,39 a	1,72 c	1,99 a	3,75 b	1,00 c
LA-56-03-02	64,50 b	94,33 d	2,22 d	2,98 d	2,99 c	1,43 d	2,09 a	3,67 b	1,00 c
LA-57	64,83 b	235,25 c	4,08 a	5,26 b	3,23 b	2,03 b	1,60 c	4,13 b	4,00 a
LA-57-10	77,33 b	397,75 a	4,00 a	4,02 c	3,38 a	1,77 c	1,92 a	4,79 a	4,00 a
LA-57-10-02	94,42 a	211,33 c	4,27 a	2,38 d	2,76 c	1,34 d	2,07 a	3,92 b	2,67 b
LA-57-10-05	81,08 a	116,83 d	3,36 b	6,51 a	3,68 a	2,35 a	1,56 c	4,29 b	1,00 c
LA-70	83,67 a	296,17 b	3,79 b	3,41 c	3,22 b	1,82 c	1,78 b	4,54 a	3,67 a
LA-70-01	72,67 b	273,08 b	3,63 b	3,56 c	3,22 b	1,82 c	1,78 b	5,04 a	4,00 a
LA-70-01-01	45,92 c	109,92 d	2,83 c	5,14 b	3,82 a	2,08 b	1,84 b	2,75 c	3,00 b
CV (%)	12,71	13,72	6,61	10,1	5,62	5,91	5,85	9,31	17,27

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

Tabela 4. Médias para teor de óleo essencial (TOE), rendimento de óleo essencial (ROE) e massa seca (MS) de genótipos do programa de melhoramento genético de *L. alba*.

Genótipos	TOE (%)	ROE (mL. planta ⁻¹)	MS (g)
LA-56	3,22 a	0,78 b	24,14 a
LA-56-03	2,28 c	0,62 c	27,67 a
LA-56-03-01	1,75 d	0,06 e	3,43 b
LA-56-03-02	1,91 c	0,05 e	2,84 b
LA-57	2,56 b	0,63 c	24,48 a
LA-57-10	3,39 a	1,02 a	30,53 a
LA-57-10-02	0,83 e	0,22 e	25,82 a
LA-57-10-05	2,01 c	0,15 e	7,53 b
LA-70	3,33 a	0,62 c	18,61 a
LA-70-01	1,72 d	0,41 d	23,55 a
LA-70-01-01	1,49 d	0,11 e	7,54 b
CV (%)	9,25	19,87	22,30

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p > 0,05$).

Tabela 5. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) para variáveis morfológicas e agrônômicas dos grupos formados na análise de agrupamento de genótipos de *L. alba*.

Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Altura da planta - AP (cm)	76,39 $\pm$ 9,16	81,17 $\pm$ 15,25	63,50 $\pm$ 24,87
Largura da planta - LP (cm)	296,19 $\pm$ 54,70	138,25 $\pm$ 63,72	113,38 $\pm$ 4,89
Diâmetro do caule - DC (cm)	3,87 $\pm$ 0,19	2,80 $\pm$ 1,28	3,10 $\pm$ 0,37
Área foliar - AF (cm ²)	4,48 $\pm$ 1,04	3,10 $\pm$ 0,79	5,83 $\pm$ 0,97
Comprimento da folha - CF (cm)	3,35 $\pm$ 0,15	3,05 $\pm$ 0,32	3,75 $\pm$ 0,10
Largura da folha - LF (cm)	1,92 $\pm$ 0,13	1,50 $\pm$ 0,20	2,22 $\pm$ 0,19
Relação CF/LF -	1,76 $\pm$ 0,11	2,05 $\pm$ 0,05	1,70 $\pm$ 0,20
Entrenó - EN (cm)	4,69 $\pm$ 0,36	3,78 $\pm$ 0,13	3,52 $\pm$ 1,09
Hábito de crescimento - HC	4,17 $\pm$ 0,18	1,78 $\pm$ 1,07	2,00 $\pm$ 1,41
Red flor	195,56 $\pm$ 17,07	138,78 $\pm$ 120,64	209,67 $\pm$ 7,54
Green flor	145,61 $\pm$ 20,45	111,11 $\pm$ 96,26	161,50 $\pm$ 2,59
Blue flor	188,28 $\pm$ 32,03	134,78 $\pm$ 116,92	208,83 $\pm$ 5,89
Red adaxial	58,11 $\pm$ 11,43	53,00 $\pm$ 10,69	71,00 $\pm$ 1,41
Green adaxial	75,78 $\pm$ 9,19	73,67 $\pm$ 10,07	92,67 $\pm$ 2,36
Blue adaxial	36,56 $\pm$ 10,20	22,89 $\pm$ 2,59	44,33 $\pm$ 8,01
Red abaxial	92,39 $\pm$ 9,71	104,00 $\pm$ 6,06	101,00 $\pm$ 5,19
Green abaxial	106,39 $\pm$ 8,30	120,44 $\pm$ 4,55	116,83 $\pm$ 9,66
Blue abaxial	64,56 $\pm$ 9,72	68,44 $\pm$ 1,64	59,67 $\pm$ 0,94
Teor de OE - TOE (%)	2,75 $\pm$ 0,68	1,50 $\pm$ 0,58	1,50 $\pm$ 0,72
Rendimento de OE - ROE (mL. planta ⁻¹)	0,68 $\pm$ 0,20	0,11 $\pm$ 0,09	0,11 $\pm$ 0,05
Massa seca - MS (g)	24,83 $\pm$ 4,04	10,70 $\pm$ 13,10	6,53 $\pm$ 1,40

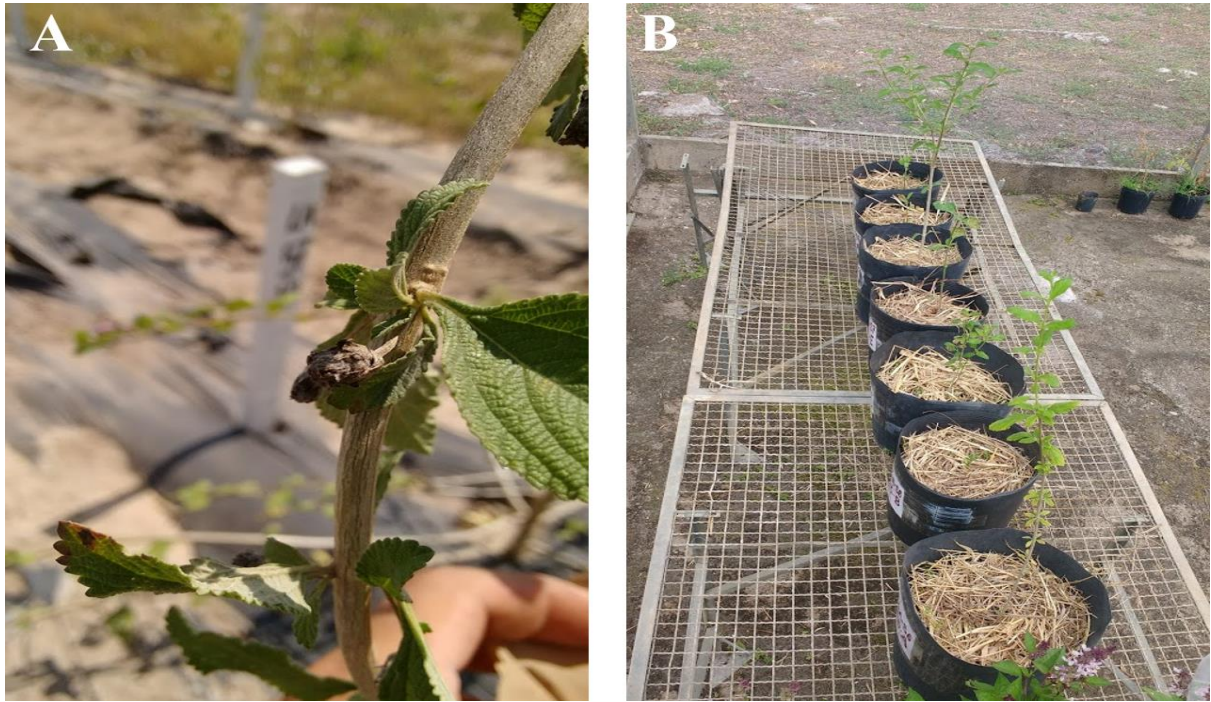


Figura 1. A: Fruto de *Lippia alba* em maturidade fisiológica, colhido para retirada das sementes. **B:** Progenies germinadas das sementes colhidas no ensaio de recombinação de alelos.



Figura 2. **A:** Mudas multiplicadas a partir das progênie matrizes de 2º ciclo. **B:** Adubação com esterco bovino curtido nas covas de plantio. **C:** Muda plantada na área experimental.



Figura 3. Área experimental da competição de progênies de *L. alba* de 2º ciclo de seleção recorrente e seus parentais.

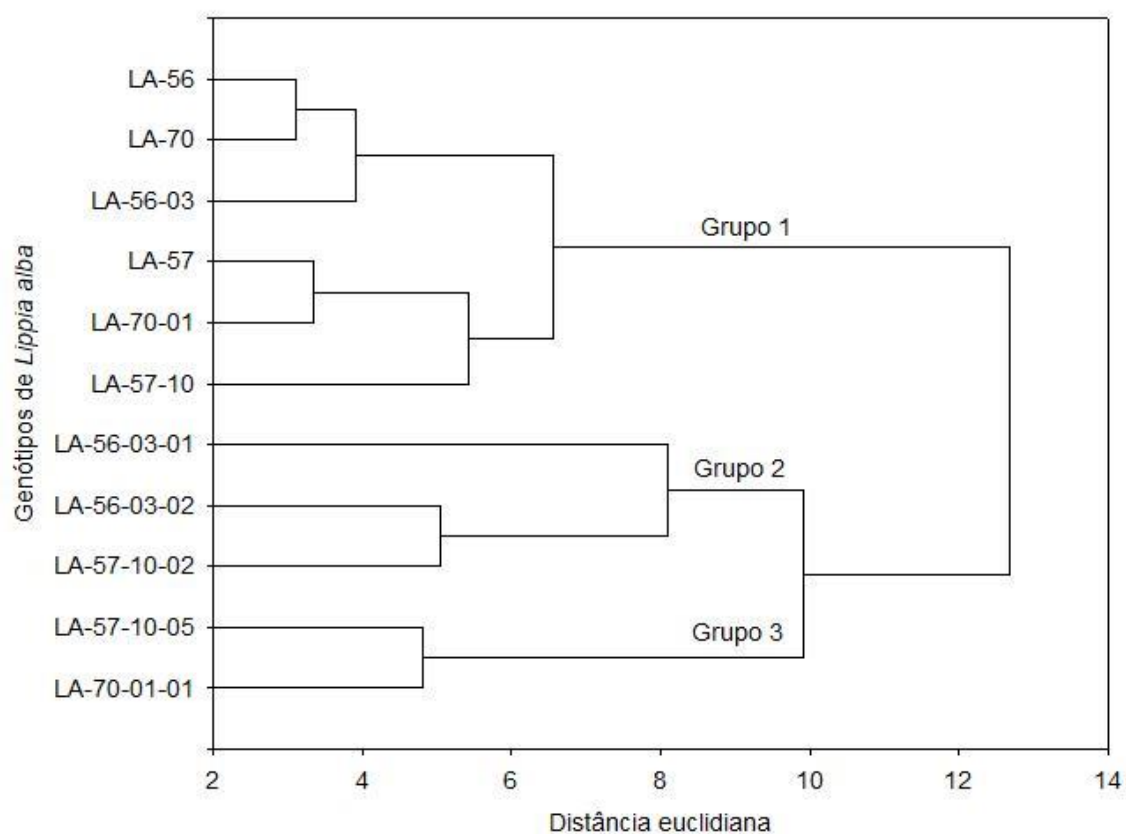


Figura 4. Dendrograma bidimensional representando a similaridade entre progênies e parentais de *L. alba* baseada nas variáveis morfoagronômicas.

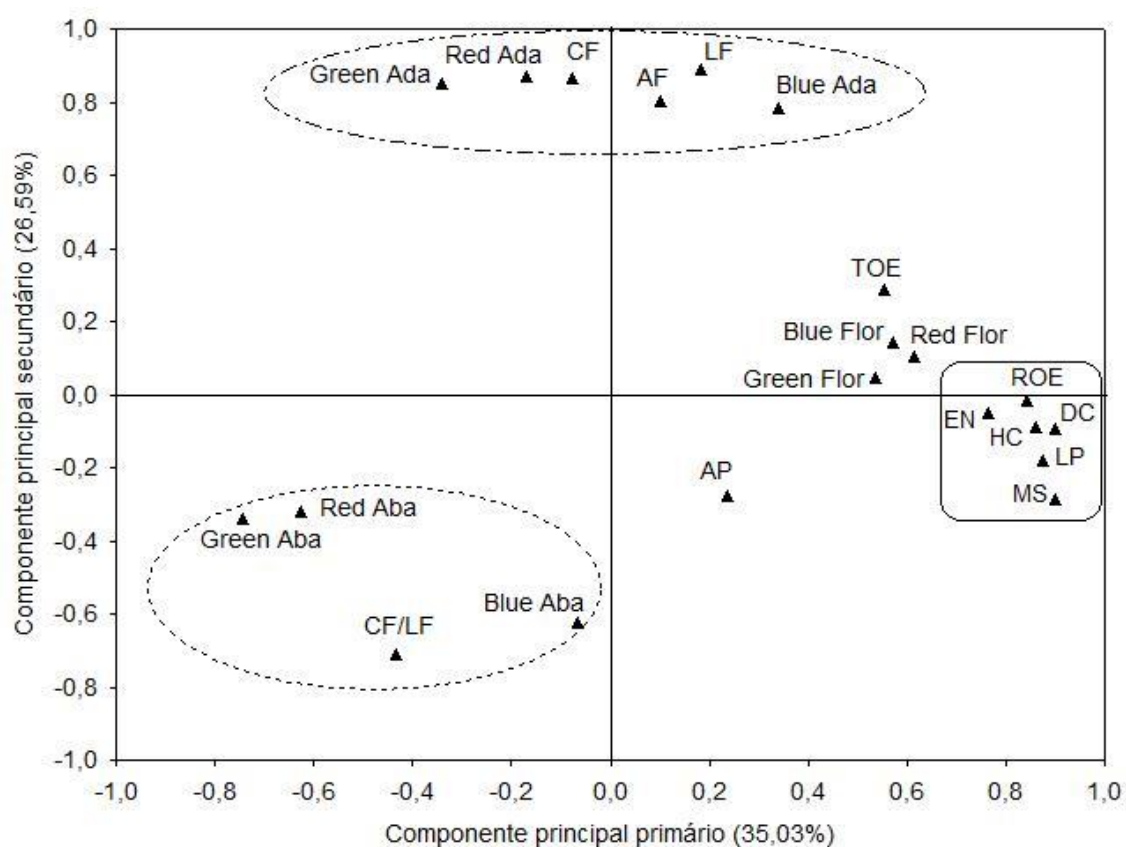


Figura 5. Distribuição das variáveis morfoagronômicas das progênies de *Lippia alba* em relação aos dois componentes principais através da análise de componente principal (ACP).

5. ARTIGO 2: DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUÍMICO DE PROGÊNIES DE *L. alba* COLHIDAS NA ÉPOCA SECA E CHUVOSA E TOXICIDADE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS CONTRA *Acromyrmex balzani*.

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico Journal of Essential Oil Research

RESUMO

A *Lippia alba* é uma espécie vegetal utilizada tanto a nível popular através do uso medicinal quanto a nível industrial. As atividades biológicas apresentadas pela espécie devem-se em grande parte ao óleo essencial (OE) sintetizado pelas folhas e cujos constituintes podem variar a depender da época de colheita. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agronômico e químico de progênies de *L. alba*, provenientes do segundo ciclo de seleção recorrente e verificar a atividade formicida de seus óleos essenciais. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 3 repetições, com parcelas constituídas por 4 plantas. O espaçamento foi de 0,8 m entre plantas e 0,8 m entre linhas. A toxicidade dos óleos essenciais (OE) das progênies e seus parentais foram avaliados por fumigação. Foram avaliados os acessos progenitores LA-56, LA-57 e LA-70; as progênies do primeiro ciclo de seleção recorrente (C₁) LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e as progênies do segundo ciclo de seleção recorrente (C₂) LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01. As folhas foram colhidas em duas épocas, seca e chuvosa. Os óleos essenciais foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas. Em relação ao teor de óleo essencial, a média geral de produção na época seca (2,18 %) foi maior que a da época chuvosa (1,50 %). Dentro da época seca, todas as progênies C₂ obtiveram médias inferiores às das progênies C₁ e de seus acessos parentais. Na análise de agrupamento baseada na composição química dos óleos essenciais, verificou-se a formação de dois grupos em ambas as épocas de colheita. O grupo 1 foi constituído por 10 dos 11 genótipos avaliados, e se caracterizou pelas maiores médias dos compostos carvona e limoneno. Dentro do grupo 1, observou-se ainda a presença de 2 subgrupos. O grupo 2 foi formado por uma única progênie C₂ (LA-57-10-02) e caracterizou-se pelos compostos germacreno D (20,77%), mirceno (15,03%), (E)-cariofileno (6,10%), (E)-nerolidol (5,91%) e linalol (5,80%). De forma geral, os óleos essenciais obtidos na época seca proporcionaram maior mortalidade (45,13%) do que quando obtidos na época chuvosa (37,01%). Os genótipos LA-56-03-01 e LA-57-10-02, cujos óleos essenciais possuíam menos de 40% de carvona, superaram a mortalidade proporcionada pelo composto isolado.

Palavras-chaves: Verbenaceae, erva-cidreira, caracterização química, sazonalidade.

5.1. Introdução

A *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown é uma planta medicinal e aromática que pertence à família Verbenaceae, que apresenta mais de 150 gêneros e 2800 espécies. No Brasil é conhecida por diversos nomes populares, como erva-cidreira de arbusto, cidreira-brava e falsa-melissa, podendo variar de acordo com a região.

As propriedades medicinais dessa espécie devem-se aos metabólitos secundários presentes em suas folhas, os quais podem constituir uma mistura de várias substâncias, principalmente terpenos e sesquiterpenos, que compõem os óleos essenciais. A depender do constituinte predominante no óleo essencial de *L. alba*, as plantas podem ser classificadas em diferentes quimiotipos, como mirceno-citral (quimiotipo I), limoneno-citral (quimiotipo II) e carvona-limoneno (quimiotipo III), descritos na região nordeste do Brasil (1).

Os óleos essenciais de *L. alba* possuem diversas atividades biológicas comprovadas, como atividade analgésica, anti-inflamatória, antipirética, antidiarreica e antiespasmódica (2,3). Diversos estudos foram realizados com os acessos de *L. alba* conservados no banco de germoplasma de plantas medicinais da Universidade Federal de Sergipe (UFS), dentre eles destacam-se os que apresentam atividade antifúngica (4), inseticida (5) e acaricida (6). Outros trabalhos também destacam a atividade repelente em insetos-pragas como *Metamasius hemipterus* (Curculionidae) dos óleos essenciais do quimiotipo carvona (7). O monoterpene carvona, juntamente com outros componentes do óleo essencial também foi relatado como eficaz no controle de cupins e formigas cortadeiras (8,9).

Os óleos essenciais assim como outros metabólitos secundários são produzidos em pequenas quantidades pelas plantas. Neste sentido, o melhoramento genético de espécies aromáticas é uma alternativa para promover o aumento desse metabólito, assim como aumentar a proporção de compostos de interesse. O programa de melhoramento de *L. alba* da Universidade Federal de Sergipe iniciou em 2015 através da seleção recorrente. Neste método, progênies são obtidas a partir do inter cruzamento de indivíduos de uma população base, depois são avaliadas e após a seleção daquelas superiores (progênies do primeiro ciclo), promove-se o inter cruzamento entre elas, para obtenção de novas progênies (progênies do segundo ciclo).

Dentre as características avaliadas nas progênies por este programa de melhoramento, está a toxicidade contra formigas cortadeiras *Acromyrmex balzani*, uma das espécies consideradas como principais pragas de reflorestamentos, causando danos em fases iniciais, podendo destruir áreas inteiras (10,11).

De modo a atender à crescente demanda mundial por produtos mais seguros, em relação à utilização de defensivos sintéticos, torna-se imprescindível o desenvolvimento de produtos menos agressivos ao meio ambiente e ao homem. Uma destas alternativas é o uso de inseticidas vegetais, os quais apresentam menor impacto ambiental e resíduos nos alimentos (12,13). As formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex*, causam sérios danos à agricultura e à silvicultura através do desfolhamento nas regiões tropicais (14). Em especial, a espécie *Acromyrmex balzani* pode danificar áreas de pastagens cultivadas, além de plantações agrícolas e florestais. A busca por princípios ativos para o manejo dessa praga é fundamental, pois não existem inseticidas registrados para seu controle (15).

A composição química dos óleos essenciais, além de ser determinada por fatores genéticos, também sofre a influência da interação da planta com o ambiente, por exemplo com os elementos climáticos característicos da região de cultivo, durante o ano. Alguns autores citam a necessidade da realização de mais estudos que possam mostrar as condições e épocas mais propícias para coleta de material vegetal, conduzindo para uma máxima produção e qualidade do óleo essencial (15 - 17). A alteração dos níveis de determinados compostos do óleo essencial pode ocasionar em maior ou menor eficiência na atividade biológica desses metabólitos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e químico de progênies de *L. alba* provenientes do segundo ciclo de seleção recorrente colhidas na época

seca e chuvosa e avaliar a toxicidade dos óleos essenciais contra a formiga cortadeira *Acromyrmex balzani*.

5.2. Material e métodos

5.2.1 Local e material vegetal

O processo de recombinação e de avaliação de progênies foram realizados na fazenda experimental "Campus Rural" da UFS (10°9'236"S, 37°19'93'O), localizada no município de São Cristóvão-SE. As progênies LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e LA-70-03 selecionadas no primeiro ciclo de seleção recorrente do programa de melhoramento de *L. alba* da UFS, foram multiplicadas por estaquia e foram obtidas 7 plantas de cada, para implantação do ensaio de recombinação.

O espaçamento utilizado foi de 1,0 x 1,0 m entre linhas e entre plantas, que foram dispostas de forma que a sua vizinha imediata não fosse outro clone da própria planta, para facilitar o cruzamento natural entre indivíduos diferentes promovido pelos polinizadores, que são as abelhas em sua maioria. Quando os frutos atingiram a maturidade fisiológica, as sementes foram colhidas e identificadas de acordo com cada planta-mãe, beneficiadas e rapidamente plantadas em vasos de polietileno de 1L, com substrato comercial Topstrato para hortaliças, esterco bovino curtido e solo de Horizonte "A" de Argissolo – amarelo na proporção de 1:1:1.

A partir deste processo de recombinação entre as progênies selecionadas no primeiro ciclo de seleção recorrente foram obtidas cinco progênies (LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01) do segundo ciclo (C₂), as quais foram conduzidas em casa de vegetação com irrigação controlada. Ao atingirem tamanho de ramos suficientes, foram retiradas estacas de aproximadamente 15 cm de cada progênie de segundo ciclo para obtenção de 12 clones de cada para implantação do ensaio de competição de progênies. Além destas, o ensaio de competição foi constituído por seus genitores, que são as progênies do primeiro ciclo (C₁): LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e LA-70-03 e os acessos (progenitores) LA-56, LA-57 e LA-70 do grupo químico carvona do programa de melhoramento de *L. alba* da UFS.

5.2.2 Ensaio de competição de progênies

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições, com parcelas constituídas por 4 plantas. O espaçamento foi de 0,8 m entre plantas e 0,8 m entre linhas. Foram testadas 5 progênies do segundo ciclo (C₂), 3 progênies do primeiro ciclo (C₁) e 3 acessos, totalizando 11 tratamentos.

Antes do transplântio das mudas, realizou-se na área do experimento uma aração do solo e gradagem para nivelamento. Em cada cova de 0,30 m de diâmetro por 0,30 m de profundidade, foi adicionado 1,0 Litro de esterco bovino curtido.

As plantas foram transferidas para o campo em agosto de 2019. O controle da vegetação infestante foi feito mensalmente, com capinas manuais. As plantas foram irrigadas por gotejamento, apenas nos quinze primeiros dias da implantação, após isto a irrigação foi interrompida.

5.2.3 Caracterização agrônômica das progênes em diferentes épocas

As colheitas foram realizadas a partir do corte da parte aérea da planta, na altura de 30 cm do caule em relação ao solo. Foi realizada uma colheita em dezembro de 2020 (época seca da região) e outra em julho de 2021 (época chuvosa da região). As características climáticas da região podem ser vistas na Tabela 1.

Após a colheita, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, durante 5 dias, a 40 °C. Após isso, o peso de matéria seca foi então aferido. O óleo essencial foi extraído através de hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado. Para isso foram utilizadas 30g de folhas secas colocadas em balões de vidro, onde foi acrescentado 2,0 L de água destilada. Após o início da condensação do vapor, o processo foi mantido por 120 minutos. Os óleos essenciais obtidos foram transferidos para frascos âmbar e armazenado em freezer a -20 °C até a análise química (18 - 19). Para calcular o teor de óleo essencial (%) obtido de cada amostra utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Teor de óleo essencial} = \frac{V}{m} \times 100$$

Onde, v = volume de óleo essencial extraído da amostra; m = massa seca de folhas da amostra.

5.2.4 Caracterização química

As análises da composição química dos óleos essenciais de *L. alba* foram realizadas em um cromatógrafo gasoso (Agilent Model 7890B) acoplado a um espectrômetro de massas (Agilent Model 5977 A MSD), equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB-5MS (30 m de comprimento $\times$ 0,25 mm de diâmetro interno $\times$ 0,25 μ m de espessura, Agilent). O gás de arraste usado foi o hélio com uma taxa de fluxo de 1 mL/ min. A energia de ionização foi de 70 eV e a faixa de detecção de massa de 40 a 500 Da. Um amostrador automático (Agilent G4513A) foi usado para injetar 1 μ L de cada amostra (10 mg do óleo essencial/ mL de solução) em modo “splitless”. A temperatura inicial do forno foi de 35°C (mantida por dois minutos), seguida de um aumento de 10 °C/min até 100 °C (mantida por um minuto). Após, a temperatura foi elevada a 3 °C/min até 250 °C, e mantida por três minutos.

O processamento dos dados foi realizado com auxílio do software Mass Hunter (Versão B 10.0, *Agilent Technologies*). Os compostos foram identificados por meio da comparação entre os espectros de massas com os presentes no banco de dados NIST (*National Institute of Standards & Technology*). Posteriormente, foi calculado o índice aritmético (AI) de cada composto, o qual foi determinado de acordo com o tempo de retenção de uma sequência de n-alcenos (C₈ - C₂₄), seguido da comparação dos valores obtidos com aqueles presentes na literatura (20).

5.2.5 Atividade formicida

Para o bioensaio de toxicidade do óleo essencial, as formigas da espécie *Acromyrmex balzani* foram coletadas nas proximidades do prédio de Engenharia Agrônômica (DEA) do campus São Cristóvão da UFS (10°54'S, 37°04'O). Foram testados os óleos essenciais das progênes C₂ (LA-56-03-01, LA-56-03-02, LA-57-10-02, LA-57-10-05 e LA-70-01-01), das genitoras C₁ (LA-56-03, LA-57-10, LA-70-01 e LA-70-03) e dos acessos progenitores (LA-56, LA-57 e LA-70) pela via de exposição fumigação conforme proposto por Oliveira et al. (21).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram testadas as concentrações de 0,5 μ L, 1,0 μ L e 2,0 μ L. L⁻¹ de ar. A carvona, constituinte majoritário da maioria dos tratamentos, também foi testada. Porém, nas mesmas concentrações em que está presente no óleo essencial de cada um dos genótipos colhidos na época seca e equivalente às concentrações testadas de óleo essencial. Cada parcela experimental foi

constituída por um frasco de vidro (250 mL) que teve o fundo revestido com papel filtro ($\varnothing$ de 5,5 cm) umedecido com 0,5 mL de água destilada para manter a umidade para as formigas dentro do frasco.

O óleo essencial de cada genótipo foi diluído em solvente acetona (Panreac, UV-IR, HPLC-GPC PAI-ACS, 99,9% de pureza). Os tratamentos foram aplicados com o auxílio de uma microseringa Hamilton® (10 μ L) em um papel filtro (1 cm²) utilizado como dispersor, suspenso a 5 cm do fundo do recipiente, por um fio de nylon fixado no centro da tampa do frasco para evitar contato direto do inseto com o papel tratado. O controle consistiu da aplicação de 1 μ L. L⁻¹ da solvente acetona. Os recipientes foram fechados e vedados com filme plástico de PVC e posteriormente colocados em incubadora BOD a 25 $\pm$ 1°C, umidade relativa > 70% e com fotoperíodo de 12h de luz.

As avaliações foram realizadas 24 e 48h após a implantação do bioensaio através da contagem de indivíduos vivos e mortos em cada frasco. Para a comparação dos genótipos quanto à mortalidade das formigas usou-se os dados da concentração de 2,0 μ L. L⁻¹ de óleo essencial por volume de ar, com avaliação em 48 h.

5.2.6 Análises estatísticas

Os dados de teor de óleo essencial e da mortalidade foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) utilizando o software estatístico Sisvar®. Para a comparação entre diferentes épocas foi considerado o esquema de parcelas subdivididas no tempo. No ensaio de atividade formicida, a mortalidade foi corrigida em relação ao controle, utilizando-se a fórmula de Abbott (22). Foram realizados dois contrastes de interesse: Progênies C₂ vs. Acessos e Progênies C₂ vs. Progênies C₁.

Para os dados de composição química foram utilizados dois métodos de análise multivariada: análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento, baseado na similaridade dos indivíduos. Posteriormente, foi criada a matriz de similaridade com base na constituição química dos óleos essenciais de cada progênie. A matriz de similaridade foi simplificada com uso de dendrograma, através do método de agrupamento de Ward, pelo programa Statística® versão 7.0.

5.3. Resultados

Dentre os constituintes observados na análise química dos óleos essenciais, foram considerados aqueles detectados com teor mínimo de 2% em alguma amostra ou época. Neste sentido, vinte e três compostos foram considerados nas análises estatísticas. Os compostos que apareceram em maiores proporções foram a carvona, o limoneno, o mirceno, o germacreno D e o sabineno (Tabela 2). Os contrastes testados foram significativos para teor de óleo essencial e para produção de massa seca, tanto na época seca quanto na época chuvosa (Tabela 3). Para as duas variáveis, em ambas as épocas, os acessos e as progênies C₁ tiveram médias superiores às progênies C₂, com valores de 2,45; 2,16 e 1,28%, respectivamente, para teor de óleo essencial e 19,24; 20,73 e 3,41 g.planta⁻¹ para massa seca. Enquanto na época chuvosa, as médias de óleo essencial foram 1,83; 1,50 e 1,30% para os acessos, progênies C₁ e progênies C₂, respectivamente, e 29,86, 19,58 e 6,16 g.planta⁻¹ para massa seca.

Em relação ao teor de óleo essencial, a média geral de produção na época seca (2,18 %) foi maior que a da época chuvosa (1,50 %). Dentro da época seca, todas as progênies C₂ obtiveram médias inferiores às das progênies C₁ e de seus acessos parentais. Já na época chuvosa, a progênie C₂: LA-56-03-01 obteve média (1,67 %) que não se diferenciou de seu acesso parental LA-56 (1,83 %) e que superou a de seu parental de C₁ LA-56-03 (1,17 %); e LA-70-01-01 obteve média (1,50 %) que não se diferenciou de seu acesso parental LA-70 (1,83 %) e que superou a de seu parental C₁, LA-70-01 (1,00 %). Na observação do desempenho de cada genótipo entre as épocas de colheita, os teores de óleo essencial foram superiores na época

seca para LA-56, LA-56-03, LA-56-03-02, LA-57, LA-70 e LA-70-01. Enquanto LA-56-03-01 e LA-70-01-01 obtiveram maior média na colheita da época chuvosa. Para LA-57-10, LA-57-10-02 e LA-57-10-05 a época de colheita não interferiu no teor de óleo essencial (Tabela 2).

Considerando os principais compostos, os contrastes testados: Progênes C₂ vs. Acessos e Progênes C₂ vs. Progênes C₁ foram significativos tanto para a época seca quanto para a época chuvosa, exceto para germacreno D na época chuvosa, em que o segundo contraste (Progênes C₂ vs. Progênes C₁) não foi significativo (Tabela 4). Observou-se que acessos e progênes C₁ tiveram médias superiores às progênes C₂ em ambas as épocas para o composto carvona com valores de 57,37%; 52,81%, 38,64% e de 55,43%; 46,50%, 37,54% nas épocas seca e chuvosa, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para o composto limoneno, para o qual acessos e progênes C₁ tiveram médias superiores às progênes C₂ com valores de 25,0%; 16,77%; 12,70% e de 23,05%; 15,35% e 11,99% nas épocas seca e chuvosa, respectivamente.

Considerando os compostos mirceno, germacreno D e sabineno, observou-se que diferentemente dos compostos citados anteriormente, estes foram em média superiores nos óleos essenciais das progênes C₂. Na época seca, o teor médio de mirceno para acessos, progênes C₁ e progênes C₂ foi de 3,10, 5,39 e 7,86%, respectivamente. Na época chuvosa, as médias para esse composto foram de 3,67, 4,48 e 6,11%, respectivamente. Os teores do composto germacreno D foram em média superiores para as progênes C₂ na época seca (6,39%) em relação aos acessos (4,05%) e progênes C₁ (4,93%). Porém, na época chuvosa, verificou-se superioridade das progênes C₂ (7,46%) apenas quando comparadas aos acessos (4,05%); pois não diferiram das progênes C₁ (7,39%). Para teor do composto sabineno, as progênes C₂ apresentaram em média maior teor em relação aos acessos e progênes C₁, com 5,77, 0,54 e 2,44%, respectivamente, na época seca e com 4,69, 0,52 e 3,30% na época chuvosa.

Na análise de agrupamento verificou-se a formação de dois grupos em ambas as épocas de colheita. O grupo 1 foi constituído por 10 dos 11 genótipos avaliados, e se caracterizou pelas maiores médias dos compostos carvona e limoneno. Dentro do grupo 1, observou-se ainda a presença de 2 subgrupos (Figura 1). Na época seca, o subgrupo 1a foi formado por 6 indivíduos: os três acessos (LA-56, LA-57 e LA-70), duas progênes C₁ (LA-57-10 e LA-70-01) e uma progênie C₂ (LA-70-01-01), e se caracterizou pela presença dos compostos carvona (55,12%), limoneno (22,42%) e germacreno D (4,34%). O subgrupo 1b foi constituído por uma progênie C₁ (LA-56-03) e três progênes C₂ (LA-56-03-02, LA-57-10-05 e LA-56-03-01) e caracterizou-se pela presença dos compostos carvona (48,06%), limoneno (13,45%), sabineno (6,93%) e mirceno (6,32%). O grupo 2 foi formado por uma única progênie C₂ (LA-57-10-02) e caracterizou-se pelos compostos germacreno D (20,77%), mirceno (15,03%), (E)-cariofileno (6,10%), (E)-nerolidol (5,91%) e linalol (5,80%) (Figuras 1 e 2). Na época chuvosa, o subgrupo 1a foi constituído pelos mesmos integrantes da época seca, porém com acréscimo da progênie C₂ LA-56-03-01, e caracterizou-se pela presença dos compostos carvona (50,92%), limoneno (21,02%) e germacreno D (6,12%). O subgrupo 1b foi formado pelos mesmos integrantes da época seca, exceto pela saída da progênie C₂ citada anteriormente, que passou a integrar o subgrupo 1a, e se caracterizou pela presença dos compostos carvona (45,45%), limoneno (9,18%), sabineno (6,69%) e mirceno (5,64%). O grupo 2 se manteve com uma única progênie C₂, e caracterizou-se pelos compostos germacreno D (20,13%), mirceno (13,33%), (E)-cariofileno (6,23%), (E)-nerolidol (6,10%) e linalol (6,04%) (Figuras 1 e 2).

Pela análise de componentes principais, verificou-se que os componentes principais primário e secundário representaram 79,82% da variância total na época seca. O componente principal primário representou 55,52% da variância total e se correlacionou positivamente com os compostos: mirceno (C02, $r = 0,90$); ocimeno (E)- β (C05, $r = 0,85$); linalol (C08, $r = 0,85$); β -elemeno (C13, $r = 0,74$); (E)-cariofileno (C14, $r = 0,99$); β -copaeno (C15, $r = 0,94$); farneseno (E)- β (C17, $r = 0,98$); germacreno D (C18, $r = 0,96$); muurola-4(14),5-dieno (C19, $r = 0,98$); α -muuroleno (C20, $r = 0,98$); γ -cadineno (C21, $r = 0,98$); δ -cadineno (C22, $r = 0,82$) e (E)-nerolidol (C23, $r = 0,98$) e negativamente com limoneno (C04, $r = -0,77$); carvona (C10, $r = -0,92$). O componente principal secundário representou 24,30% da variância total e

correlacionou positivamente com piperitenona (C11, $r = 0,87$) e negativamente com sabineno (C01, $r = -0,87$); *o*-cimeno (C03, $r = -0,82$); γ -terpineno (C06, $r = -0,87$); cis-sabineno hidrato (C07, $r = -0,83$); terpinen- 4-ol (C09, $r = -0,85$) (Figura 3A).

Para a época chuvosa os componentes principais representaram 75,62% da variância total. O componente principal primário representou 51,17% da variância total e se correlacionou positivamente com mirceno (C02, $r = 0,85$); ocimeno (E)- β , (C05, $r = 0,83$); linalol (C08, $r = 0,84$); β -elemeno (C13, $r = 0,75$); (E)-cariofileno (C14, $r = 0,99$); β -copaeno (C15, $r = 0,88$); farnesene (E)- β (C17, $r = 0,98$); germacreno D (C18, $r = 0,91$); muurola-4(14),5-dieno (C19, $r = 0,98$); α -muuroleno (C20, $r = 0,98$); γ -cadineno (C21, $r = 0,96$) e (E)-nerolidol (C23, $r = 0,96$) e negativamente com: limoneno (C04, $r = -0,72$); carvona (C10, $r = -0,95$). O componente principal secundário representou 24,45% da variância total e se correlacionou positivamente com: sabineno (C01, $r = 0,92$); cis-sabineno hidrato (C07, $r = 0,88$); terpinen-4-ol (C09, $r = 0,91$) e negativamente com piperitenona (C11, $r = -0,83$) (Figura 3B).

Ao observarmos os contrastes para mortalidade das formigas, apenas o segundo (Progênes C₂ vs. Progênes C₁) foi significativo para a época chuvosa (Tabela 5). As médias da mortalidade de formigas *A. balzani* expostas aos óleos essenciais não diferiram entre as progênes C₂, acessos e progênes C₁, que apresentaram médias de 44,29, 42,86 e 48,81%, respectivamente, para a época seca. Para a época chuvosa, a mortalidade média proporcionada pelas progênes C₂ foi semelhante à mortalidade proporcionada pelos acessos, com média de 40,0% e 41,67%, respectivamente. Porém, ao comparar progênes C₂ com progênes C₁, verificou-se maior mortalidade proporcionada pelo primeiro grupo. A mortalidade média proporcionada pelas progênes C₁ foi 27,38% nessa época.

Ao comparar a mortalidade das formigas *A. balzani* expostas aos óleos essenciais extraídos das plantas colhidas na época seca, verificou-se maior mortalidade média para LA-56 (64,29%), LA-56-03-02 (71,43%) e LA-57-10 (75,0%) (Figura 4). Os óleos essenciais da progênie C₂ LA-57-10-02 e do acesso LA-70 foram os que se mostraram menos tóxicos às formigas nas duas épocas de colheita, não diferindo do controle (acetona). Na época chuvosa, apenas a progênie C₂ LA-70-01-01 se destacou dos demais tratamentos com média de 78,57% de mortalidade. De forma geral, os óleos essenciais obtidos na época seca proporcionaram maior mortalidade (45,13%) do que quando obtidos na época chuvosa (37,01%). Os tratamentos LA-56-03, LA-57-10-02, LA-70 e LA-70-01 não diferiram quanto à mortalidade entre as épocas de colheita.

Os óleos essenciais da colheita das rebrotas de folhas da época seca foram utilizados em um comparativo com o composto isolado carvona, de acordo com o percentual deste na composição de cada óleo essencial obtido na época seca. Os resultados revelaram que em todos os genótipos que apresentavam mais de 40% de carvona no óleo essencial, quando o monoterpeno foi aplicado isoladamente, obteve mortalidade de formigas superior ao respectivo óleo essencial. Os genótipos LA-56-03-01 e LA-57-10-02, cujos óleos essenciais possuíam menos de 40% de carvona, superaram a mortalidade proporcionada pelo composto isolado (Figura 5).

5.4. Discussão

A partir da análise dos dados obtidos das colheitas de *L. alba*, em duas estações distintas, ficou evidenciado diferenças entre as épocas seca e chuvosa, sendo que o teor de óleo essencial na época seca foi maior. A variação no teor de OE de *L. alba* obtido de colheitas em diferentes épocas do ano, tem sido observada por diversos autores, como o que foi relatado por Gomes et al. (23), onde na colheita de verão foram obtidos os maiores teores de OE. Barros et al. (24) ressaltaram ainda que a combinação de fatores típicos de verão seco, como altas temperaturas, longos períodos de insolação e baixas precipitações favorecem o aumento da produção do OE. No inverno, por sua vez, sob condições de baixas temperaturas, curtos períodos de insolação e elevados índices de precipitação de chuvas, ocorre diminuição dos teores de OE. Isso corrobora

também com os resultados relatados por Nagao et al. (25) em estudo com *L. alba* quimiotipo citral - limoneno coletada no Ceará (nordeste brasileiro), onde na estação popularmente denominada verão seco (julho – dezembro) foram obtidos os maiores teores de OE.

A produção de massa seca de folhas foi, em média, maior na época chuvosa. Isso pode estar relacionado ao cultivo feito em condição de sequeiro, o que tornou a reposição de água no solo dependente de precipitações de chuvas na região geográfica. As maiores precipitações na época chuvosa proporcionaram maior acúmulo de massa seca de folhas de *L. alba*. Esse resultado corrobora com o encontrado por Carvalho et al. (26), que observaram maior acúmulo de massa seca para espécie medicinal *Foeniculum vulgare* Mill. (funcho), cultivada em condição de sequeiro no estado de Sergipe-Brasil, na época de maiores precipitações pluviométricas.

A época de cultivo e colheita das plantas de *L. alba* contribuiu para o efeito do OE na mortalidade de formigas. Isto provavelmente está relacionado à mudança no perfil químico do OE entre as épocas. Quando compostos que contribuem mais efetivamente para uma atividade biológica, seja de forma isolada ou em sinergismo com outros, variam seus percentuais no OE, consequentemente também há variação da ação em questão. Esses resultados evidenciam a importância das investigações sazonais, quanto à estabilidade das atividades biológicas em produtos de origem botânica.

No presente estudo, provavelmente, o composto carvona foi o responsável pelas maiores mortalidades de formigas *Acromyrmex balzani*, pois quando a carvona foi testada isoladamente superou as médias de mortalidade de OE com o teor de carvona acima de 45%. Isso também é reforçado pela baixa mortalidade de formigas provocada pelo OE de LA-57-10-02, onde foi registrado apenas 0,78% de carvona. Na progênie LA-56-03-01, o teor de carvona no OE foi de 33%, relativamente baixa quando comparada com a grande maioria dos genótipos, a mortalidade provocada nesse caso, provavelmente ocorreu pela ação de outros compostos, seja de forma isolada ou em sinergismo. A ação sinérgica entre constituintes ativos causa efeitos deletérios aos insetos (27). Semelhantemente, Niculau et al. (28), em estudo com o OE do acesso LA-57 de *L. alba*, verificaram toxicidade aguda para lagartas de terceiro instar de *Spodoptera frugiperda*. Esses autores relataram que o OE desse acesso conteve 54,8% de carvona e 36,0% de limoneno, e que sua alta toxicidade deve estar associada principalmente à presença da carvona, pois os resultados mostraram que, na dose de 3 µg do composto carvona/mg de inseto, 84% das lagartas morreram após 24 h, enquanto que apenas 4% morreram quando foi utilizado limoneno na mesma dose. Já Fang et al. (29), estudando o OE de frutos de *Carum carvi*, verificaram que (R)-Carvona isolada, também possuiu maior toxicidade fumigante contra *Sitophilus zeamais* e adultos de *Tribolium castaneum* em relação ao OE.

O grupo 2 ficou separado das demais progênes por causa da baixa quantidade de carvona em relação às demais. Sendo então o teor de carvona, uma variável determinante para separação dos grupos. Esse fato está relacionado à recombinação aleatória de alelos promovida após a seleção dos parentais no primeiro ciclo, que pode ter contribuído para a diferenciação da rota metabólica na progênie LA-57-10-02. Ficou evidente a partir do perfil químico do óleo essencial dessa progênie que os compostos carvona e limoneno foram produzidos em menor quantidade. Em contrapartida, outros compostos foram observados em maior concentração, como germacreno D (20,45%), mirceno (14,18%), E-cariofileno (6,16%), (E)-nerolidol (6,0%), Cis-sabineno -hidrato (5,92%) e (E)-β -Ocimeno (4,45%). Possivelmente, o aumento do teor de germacreno D, em relação à carvona, está associado ao fato da carvona servir como precursora para produção de outros germacrenos (30).

5.5. Conclusão

O teor médio de óleo essencial, a produção de massa seca e o teor de carvona das progênies de segundo ciclo foi menor em relação aos acessos e às progênies de primeiro ciclo, tanto na época seca quanto na época chuvosa.

Os óleos essenciais dos acessos e das progênies de primeiro e de segundo ciclo obtidos na época seca provocaram mortalidades semelhantes de formigas *Acromyrmex balzani*. Considerando as médias gerais dos grupos para os óleos essenciais obtidos na época chuvosa, as progênies de segundo ciclo não se distinguiram dos acessos e superaram a mortalidade causada pelas progênies de primeiro ciclo.

5.6. Referências Bibliográficas

1. T. HENNEBELLE, S. SAHPAZ, H. JOSEPH, F. BAILLEUL. F. Ethnopharmacology of *Lippia alba*. Journal of Ethnopharmacology, **116**, 211-222, (2008). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.044>.
2. F. BAKKALI, S. AVERBECK, D. AVERBECK, M. IDAOMAR. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, **46**, 446-475, (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
3. A. S. VENTURA, T. S. C. SILVA, C. A. L. CARDOSO, L. A. K. A. INOUE. Características do anestésico alternativo de erva cidreira (*Lippia alba*) e alecrim pimenta (*Lippia sidoides*) em peixes. Medicina Veterinária (UFRPE), **13**, 416-428 (2020). <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1130598>.
4. M. G. PEIXOTO, A. F. BLANK, M. F. ARRIGONI-BLANK, P. R. GAGLIARDI. J. O. MELO, D. A. C. NIZIO, V. S. PINTO. Activity of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against phytopathogenic fungi. Bioscience Journal, **34**, 1136-1146, 2018. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n5a2018-39385>.
5. M. G. PEIXOTO, L. BACCI, A. F. BLANK, A. P. A. ARAUJO, P. B. ALVES, J. H. S. SILVA, A. A. SANTOS, A. A. A. P. OLIVEIRA, A. S. COSTA, M.F. ARRIGONI-BLANK. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. Industrial Crops and Products, **71**, 31-36, (2015a). <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>.
6. M. G. PEIXOTO, L. M. COSTA-JUNIOR, A. F. BLANK, A. S. LIMA, T. S. A. MENEZES, D. A. SANTOS, P.B. ALVES, S. C. H. CAVALCANTI, L. BACCI, M. F. ARRIGONI-BLANK. Acaricidal activity of essential oils from *Lippia alba* genotypes and its major components carvone, limonene, and citral against *Rhipicephalus microplus*. Veterinary Parasitology, **210**, 118-122, (2015b). <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.03.010>.
7. L. F. S. DIONISIO, A. C. S. LIMA, E. G. F. MORAIS, R. G. CORREIA, A.V. F SANTOS, C. K. S. XIMENES. Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: curculionidae) em plantio de dendê (*elaeis guineensis* jacq) em roraima. Revista Agro@Mambiente On-Line, **9**, 327-336 (2015). <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2517>.
8. A. RAINA, R. BEDOUKIAN, C. FLORANE, A. LAX. Potential of Natural Products and Their Derivatives to Control Formosan Subterranean Termites (Isoptera: rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology, **105**, 1746-1750, 2012. <http://dx.doi.org/10.1603/ec10229>.
9. B. GRIMBALL, L. VEILLON, T. CALHOUN, F. R. FRONCZEK, E. ARCENEUX, R. A. LAINE. Cyclohexylamine inexplicably induces antennae loss in Formosan subterranean termites (*Coptotermes formosanus* Shiraki): cyclohexylamine hydrogen phosphate salts are novel termiticides. Pest Management Science, **73**, 2039-2047 (2017). <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4610>.

10. R. ZANETTI, J. C. ZANUNCIO, A. J. MAYHÉ-NUNES, A. G. B. MEDEIROS, SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. *Revista Árvore*, **27**, 387-392, (2003). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622003000300016>.
11. J. C. COUCEIRO. Ação de fungos entomopatogênicos na mortalidade e no sistema imune de formigas cortadeiras. 46f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/7267>.
12. M. R. SILVA, P. M. FARIAS. O óleo essencial de Pimenta racemosa é eficiente inseticida para controle de *Sitophilus spp.* (Coleoptera: curculionidae) em grãos armazenados. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, **26**, 7-17, (2020). <http://dx.doi.org/10.36812/pag.20202617-17>.
13. A. C. A. BARROS, T. P. SILVA, A. G. SANTOS, S. F. QUEIROZ, F. S. GOMES, Lectinas: purificação, mecanismos de ação inseticida e potencial biotecnológico. *Biologia: Desafios, Habilidades e Competências no Ensino de Biologia*, 127-136, (2020). <http://dx.doi.org/10.37885/201102216>.
14. C. R. MELO, A. F. BLANK, B. M. S. OLIVEIRA, A. C. C. SANTOS, P. F. CRISTALDO, A.P.A. ARAÚJO, L. BACCI. Formicidal activity of essential oils of *Myrcia lundiana* chemotypes on *Acromyrmex balzani*. *Crop Protection*, **139**, p. 105-343, (2021). <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105343>.
15. F. A. BRITO, L. BACCI, A. S. SANTANA, J. E. SILVA, D. A. C. NIZIO, P. C. L. NOGUEIRA, M. F. ARRIGONI-BLANK, C. R. MELO, O. J. MELO, A. F. BLANK, A. Toxicity and behavioral alterations caused by essential oils of *Croton tetradenius* and their major compounds on *Acromyrmex balzani*. *Crop Protection*, **137**, 105-259, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105259>.
16. S. M. RIBEIRO, O. H. BONILLA, E. M. P. LUCENA. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton spp.* da Caatinga. *Iheringia, Série Botânica*, **73**, n. 1, 31–38, (2018).
17. N. H. BIANCHINI, D. T. SILVA, B. SCHINDLER, MUNIZ, M. F. B.; HEINZMANN, B. M. Antifungal activity of essential oils from native tree species in southern brazil. *Floresta*, **52**, 304, (2022). Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v52i2.78343>.
18. P. A. D. EHLERT, A.F. BLANK, M. F. ARRIGONI-BLANK, J. W. A. PAULA, D. A. CAMPOS, C. S. ALVIANO. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. *Rev. Bras. Plantas Medicinai*s, **8**, 79-80. 2006. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/1548>.
19. A. F. BLANK, L. C. A. CAMÊLO, M. F. ARRIGONI-BLANK, J. B. PINHEIRO, T. M. ANDRADE, E. S. NICULAU, P. B. ALVES. Chemical Diversity in *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown Germplasm. *The Scientific World Journal*, 1-11. (2015) <https://doi.org/10.1155/2015/321924>.
20. ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. **5**, 2017.
21. B. M. S. OLIVEIRA, C. R. MELO, P. B. ALVES, A. A. SANTOS, A. C. C. SANTOS, A. D. S. SANTANA, A. P. A. ARAÚJO, P. E. S. NASCIMENTO, A. F. BLANK, L. BACCI, Essential Oil of *Aristolochia trilobata*: Synthesis, Routes of Exposure, Acute Toxicity, Binary Mixtures and Behavioral Effects on Leaf-Cutting Ants. *Molecules*, **22**, (2017). <https://doi.org/10.3390/molecules22030335>.
22. W. S. ABBOTT. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Ecom. Entomol.*, v. **18**, p. 265-267, (1925). <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
23. A. F. GOMES, M. P. ALMEIDA, M. F. LEITE, S. SCHWAIGER, H. STUPPNER, M. HALABALAKI, J. G. AMARAL, J. M. DAVID. Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of *Lippia alba*. *Food Chemistry*, **273**, 186-193, (2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.089>.

24. F. M. C. BARROS, E. O. ZAMBARDA, B. M. HEINZMANN, C. A. MALLMANN, C.A. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). Química Nova, **32**, 861-867, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400007>.
25. E. O. NAGAO, R. INNECCO, S. H. MATTOS, S. M. FILHO, C. A. MARCO. Efeito do horário de colheita sobre o teor e constituintes majoritários de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br., quimiotipo citral-limoneno. Revista Ciência Agronômica, **35**, 355-360. 2004.
26. L. M. CARVALHO, VALHO, L.M.; OLIVEIRA, I.R.; M. A. G. CARNELOSSI, R. S. NUNES. Caracterização da produtividade do funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.) no sertão de Sergipe. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, **13**, 527-532, (2011). <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000500004>.
27. F. H. AFSHAR, F. MAGGI, R. IANNARELLI, K. CIANFAGLIONE, M. B. ISMAN. Comparative toxicity of *Helosciadium nodiflorum* essential oils and combinations of their main constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera). Industrial Crops and Products, **98**, 46-52, (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.004>.
28. E. S. NICULAU, P. B. ALVES, P.C. L. NOGUEIRA, V. R. S. MORAES, A. P. MATOS, A. R. BERNARDO, A. C. VOLANTE, J. B. FERNANDES, M. F. G. F. SILVA, A. G. CORRÊA. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Química Nova, **36**, 1391-1394, (2013). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000900020>.
29. R. FANG, C. H. JIANG, X. Y. WANG, H. M. ZHANG, Z. L. LIU, L. ZHOU, S.S. DU, Z. W. DENG. Insecticidal Activity of Essential Oil of *Carum Carvi* Fruits from China and Its Main Components against Two Grain Storage Insects. Molecules, **15**, 9391-9402, (2010). <http://dx.doi.org/10.3390/molecules15129391>.
30. H. XU, J. S. DICKSCHAT. Germacrene A—A Central Intermediate in Sesquiterpene Biosynthesis. Chemistry – A European Journal, **26**, 17318-17341, (2020). <http://dx.doi.org/10.1002/chem.202002163>.

Tabela 1. Dados meteorológicos da região de São Cristóvão, estado de Sergipe, Brasil, nos meses de colheitas no experimento de competição de progênie de *Lippia alba*.

Colheita	Tmax (°C)	Tmin (°C)	AmpT (°C)	Rad (KJ/m²)	UR (%)	Chuva (mm)
AGO/2019	25,82	24,70	1,12	1198,11	69,69	98,20
SET/2019	26,41	25,36	1,05	1332,68	77,00	95,60
OUT/2019	27,16	26,16	1,00	1427,25	75,00	91,00
NOV/2019	27,99	26,94	1,05	1706,98	56,91	14,20
DEZ/2019	28,40	27,40	1,00	1704,34	55,95	8,00
JAN/2021	27,87	27,07	0,80	1388,32	59,56	124,40
FEV/2021	29,20	28,42	0,78	1575,22	54,35	14,00
MAR/2021	29,10	28,06	1,04	1509,44	53,83	72,60
ABR/2021	30,08	27,26	2,82	1199,69	54,56	133,80
MAI/2021	26,48	25,37	0,11	1086,16	77,30	197,40
JUN/2021	26,01	25,01	1,00	1079,31	78,20	89,60
JUL/2021	25,29	24,22	1,07	1089,03	76,00	283,40
AGO/2020	25,70	24,50	1,20	1295,70	61,30	132,40
SET/2020	26,35	25,22	1,13	1417,39	58,68	42,00
OUT/2020	27,40	26,40	1,00	1603,10	59,60	20,00
NOV/2020	27,70	26,80	0,90	1570,70	61,10	58,60
DEZ/2020 *	27,88	26,99	0,89	1678,69	58,18	8,20
JAN/2021	27,87	27,07	0,80	1388,32	59,56	124,40
FEV/2021	28,42	27,55	0,87	1575,22	54,35	14,00
MAR/2021	26,48	25,37	1,11	1086,16	54,20	197,40
ABR/2021	30,08	27,26	2,82	1199,69	53,40	133,80
MAI/2021	26,48	25,37	1,11	1086,16	76,70	420,80
JUN/2021	26,01	25,01	1,00	1079,31	78,00	89,60
JUL/2021 *	25,30	24,23	1,07	1103,75	62,53	268,80

Tmax: média mensal de temperatura máxima, **Tmin:** média mensal de temperatura mínima, **AmpT:** média mensal de amplitude térmica, **Rad:** média mensal de radiação solar, **UR:** média mensal de Umidade Relativa do ar, **Chuva:** precipitação acumulada de chuvas no mês. Fonte: INMET.

*: mês de colheita de rebrotas de folhas.

Tabela 2. Média dos constituintes químicos e teor de óleo essencial de genótipos de *Lippia alba* colhidos na época seca (12/2020) e na época chuvosa (07/2021) em São Cristóvão-SE.

Genótipos	Compostos (%) Época Seca																							
	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	Teor de OE (%)
LA-56	0,57	3,25	0,00	23,98	1,12	0,00	0,00	0,77	0,00	56,61	1,98	0,24	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	4,06 aA
LA-56-03	6,05	6,52	2,10	10,71	2,62	3,75	1,68	3,34	1,37	50,17	0,00	0,62	0,79	0,73	0,00	2,68	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	4,22 aA
LA-56-03-01	8,81	8,05	2,22	19,76	0,74	3,96	2,77	1,99	0,79	33,25	0,00	1,14	0,75	0,93	0,00	2,17	0,00	3,78	0,00	0,00	0,29	0,00	0,60	1,09 eB
LA-56-03-02	8,63	6,00	0,00	13,63	2,47	0,58	2,85	3,30	1,43	46,07	0,00	1,03	0,00	0,96	0,44	0,00	0,00	4,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	1,89 cA
LA-57	0,00	0,33	0,00	31,57	0,72	0,00	0,00	0,27	0,00	60,58	2,17	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	2,34 bA
LA-57-10	0,69	6,56	0,00	19,94	1,49	0,00	0,00	1,07	0,00	56,39	2,04	0,71	0,71	0,80	0,60	0,00	0,00	6,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	2,73 bA
LA-57-10-02	3,05	15,03	0,82	0,49	4,49	0,81	0,00	5,80	0,23	0,78	0,00	0,83	2,14	6,10	2,13	0,00	1,98	20,77	2,37	1,18	2,66	1,10	5,91	0,80 eA
LA-57-10-05	4,24	4,69	1,80	9,69	1,41	2,45	1,09	2,15	0,67	62,74	0,00	0,00	1,16	0,87	0,00	3,52	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	1,65 dA
LA-70	1,06	5,72	0,00	19,48	1,40	0,00	0,00	1,01	0,00	54,90	2,18	0,80	0,72	0,83	0,62	0,00	0,00	6,69	0,23	0,00	0,25	0,25	0,76	2,57 bA
LA-70-01	0,58	3,11	1,24	19,67	2,52	2,83	0,00	2,26	0,00	51,89	0,00	0,63	1,36	0,94	0,00	4,15	0,00	4,77	0,00	0,00	0,00	0,23	0,49	1,66 dA
LA-70-01-01	4,14	5,54	1,37	19,88	1,91	2,64	0,98	1,36	0,54	50,36	0,00	0,53	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	2,19	0,00	0,00	0,00	0,72	0,92	0,98 eB
Média geral:	3,44	5,89	0,87	17,16	1,90	1,55	0,85	2,12	0,46	47,61	0,76	0,59	0,69	1,26	0,34	1,14	0,18	5,34	0,24	0,11	0,29	0,21	1,11	2,18
IRRObs	963	987	1024	1016	1045	1057	1069	1100	1179	1241	1336	1378	1385	1413	1425	1426	1453	1475	1491	1494	1511	1514	1560	
IRRLit	969	988	1022	1024	1044	1054	1065	1095	1174	1239	1340	1387	1389	1417	1430	1434	1454	1480	1493	1500	1513	1522	1561	
Genótipos	Compostos (%) Época chuvosa																							
	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	Teor de OE (%)
LA-56	0,57	3,46	0,00	24,48	1,33	0,00	0,00	1,06	0,00	53,50	1,89	0,92	0,97	1,10	0,52	0,00	0,00	5,99	0,00	0,00	0,00	0,64	0,86	1,83 aB
LA-56-03	6,08	6,83	1,77	10,26	2,87	5,90	1,48	3,11	1,03	43,42	0,00	1,04	1,03	1,28	0,00	3,60	0,00	5,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	1,17 bB
LA-56-03-01	4,51	4,47	1,06	22,46	1,04	2,96	0,92	1,21	0,54	42,97	1,14	1,07	0,79	1,38	0,00	1,52	0,00	5,22	0,00	0,00	0,00	0,64	1,10	1,67 aA
LA-56-03-02	10,27	6,06	0,00	9,67	2,82	1,07	3,08	5,11	2,15	38,53	0,00	2,66	0,42	1,70	0,00	0,00	0,00	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	1,00 bB
LA-57	0,00	2,00	0,00	25,65	1,17	0,00	0,00	0,89	0,00	55,50	2,09	0,83	0,36	1,03	0,26	0,00	0,00	4,72	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,83 aB
LA-57-10	1,07	6,19	0,00	19,27	1,78	0,00	0,00	1,22	0,00	48,39	1,53	1,44	1,33	1,26	0,94	0,00	0,00	10,34	0,00	0,00	0,47	0,69	0,78	2,33 aA
LA-57-10-02	3,35	13,33	0,87	0,51	4,40	0,79	0,00	6,04	0,23	0,76	0,00	0,81	2,15	6,23	2,17	0,00	0,41	20,13	2,46	1,09	2,69	1,08	6,10	1,00 bA
LA-57-10-05	3,74	4,02	2,72	7,61	1,56	4,79	1,08	3,22	1,09	54,40	0,00	0,50	1,37	1,65	0,00	4,78	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,81	1,67	1,33 bA
LA-70	0,99	5,56	0,00	19,03	1,39	0,00	0,00	1,13	0,00	57,29	1,89	1,07	0,75	0,76	0,56	0,00	0,00	5,98	0,00	0,00	0,58	0,00	0,77	1,83 aB
LA-70-01	2,76	0,41	1,00	16,54	2,60	2,69	0,00	2,43	0,00	47,70	0,00	0,71	1,59	1,29	0,00	5,63	0,00	6,45	0,00	0,00	0,00	0,61	0,70	1,00 bB
LA-70-01-01	1,60	2,71	1,23	19,71	1,50	2,72	0,49	1,74	0,00	51,07	1,19	0,93	0,68	1,21	0,00	0,65	0,00	4,11	0,00	0,00	0,00	0,97	1,41	1,50 aA
Média geral:	3,18	5,01	0,79	15,92	2,04	1,90	0,64	2,47	0,46	44,86	0,89	1,09	1,04	1,72	0,40	1,47	0,04	6,91	0,22	0,10	0,34	0,52	1,45	1,50
IRRObs	963	987	1024	1016	1045	1057	1069	1100	1179	1241	1336	1378	1385	1413	1425	1426	1453	1475	1491	1494	1511	1514	1560	
IRRLit	969	988	1022	1024	1044	1054	1065	1095	1174	1239	1340	1387	1389	1417	1430	1434	1454	1480	1493	1500	1513	1522	1561	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna (dentro da mesma época de colheita) e letras maiúsculas entre épocas (para o mesmo genótipo) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). IRR Obs: índice de retenção relativo observado e IRRLit: índice de retenção relativo da literatura (Adams, 2017). Compostos: (C01) Sabineno; (C02) Mirceno; (C03) *o*-cimeneno; (C04) Limoneno; (C05) Ocimeneno (E)- β ; (C06) γ -terpineno; (C07) Cis-sabineno hidratado; (C08) Linalol; (C09) Terpineno-4-ol; (C10) Carvona; (C11) Piperitenona; (C12) β -bourboneno; (C13) β -elemeno; (C14) (E)-cariofileno; (C15) β -copaeno; (C16) γ -elemeno; (C17) Farneseno (E)- β ; (C18) Germacreno D; (C19) Muurolo-4(14),5-dieno <trans>; (C20) α -muroleno; (C21) γ -cadineno; (C22) δ -cadineno (C23) (E)-nerolidol.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para teor de óleo essencial e massa seca de genótipos de *Lippia alba* colhidos na época seca (12/2020) e chuvosa (07/2021) em São Cristóvão - SE.

FV	GL	QM Época Seca		QM Época Chuvosa	
		Teor de OE	Massa seca	Teor de OE	Massa seca
Bloco	2				
Genótipos	(10)	1,33601**	268,30356**	0,58333**	413,95781**
Entre acessos	2	0,04295 ^{NS}	166,97444 ^{NS}	0,00000 ^{NS}	363,27521**
Entre progênies C ₁	2	0,87177**	18,33361 ^{NS}	1,58333**	8,16083 ^{NS}
Entre progênies C ₂	4	0,65491**	13,52684 ^{NS}	0,26667**	25,52511 ^{NS}
Progênies C ₂ vs. Acessos	1	7,63672**	1409,74461**	1,60000**	3160,23507**
Progênies C ₂ vs. Progênies C ₁	1	4,33798**	1687,92497**	0,22500*	1012,95167**
Erro	20	0,02615	50,70331	0,04477	61,02974
Total	32				
CV (%)		8,79	57,19	14,11	47,99
Média - acessos		2,45	19,24	1,83	29,86
Média - progênies C ₁		2,16	20,73	1,50	19,58
Média - progênies C ₂		1,28	3,41	1,30	6,16
Média geral		1,84	12,45	1,50	16,28

** Significativo a 1% pelo teste F. * Significativo a 5% pelo teste F. NS: não significativo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os principais compostos nas épocas seca e chuvosa.

FV	GL	QM para teor dos principais compostos (%) - Época seca					QM para teor dos principais compostos (%) - Época chuvosa				
		Sabineno	Mirceno	Limoneno	Carvona	Germacreno D	Sabineno	Mirceno	Limoneno	Carvona	Germacreno D
Bloco	2										
Genótipos	(10)	21.05204**	27.27304**	135.05756**	608.59379**	59.81265**	17.92953**	22.68629**	124.86575**	496.70500**	49.49770**
Entre acessos	2	0.56286**	14.56132**	74.60982**	17.00712 ^{NS}	12.33972**	0.49852**	6.42395 ^{NS}	25.00552**	7.20735 ^{NS}	1.07962 ^{NS}
Entre progênies C ₁	2	19.53672**	7.86660**	55.15352**	20.70380 ^{NS}	7.26002**	12.94282**	24.97082**	42.63952**	14.49162**	13.59672**
Entre progênies C ₂	4	14.88041**	35.15536**	130.16696**	1118.05000**	134.40856**	21.74223**	34.90754**	162.89802**	925.42877**	112.57494**
Progênies C ₂ vs. Acessos	1	102.59953**	85.22800**	569.12240**	1315.08020**	19.90080**	65.31267**	22.19808**	459.10068**	1199.79288**	13.51851**
Progênies C ₂ vs. Progênies C ₁	1	41.64167**	22.85985**	62.50563**	753.48984**	7.65408**	7.26276**	9.95930**	42.49575**	301.07840**	0.01768 ^{NS}
Resíduo	20	0.04797	0.09815	0.94716	2.29463	0.04303	0.01170	0.35132	0.38028	0.97214	0.11811
Total	32										
CV (%)		6,37	5,32	5,67	3,18	3,89	3,4	11,85	3,87	2,20	4,96
Média acessos		0,54	3,10	25,00	57,37	4,05	0,52	3,67	23,05	55,43	5,56
Média progênies C ₁		2,44	5,39	16,77	52,81	4,93	3,30	4,48	15,35	46,50	7,39
Média progênies C ₂		5,77	7,86	12,70	38,84	6,36	4,69	6,11	11,99	37,54	7,46
Média geral		3,44	5,89	17,16	47,61	5,34	3,18	5,00	15,92	44,86	6,92

** Significativo a 1% pelo teste F. * Significativo a 5% pelo teste F. NS: não significativo.

Tabela 5. Resumo da análise da variância para mortalidade de formigas *Acromyrmex balzani* tratadas com óleos essenciais de genótipos de *Lippia alba* colhidos nas estações seca e chuvosa.

FV	GL	QM	
		Mortalidade Corrigida (%)	Mortalidade Corrigida (%)
		Época Seca	Época Chuvosa
Genótipos	(10)	1971,97218**	1737,36216**
Entre acessos	2	3213,75003**	884,26531*
Entre progênies C ₁	2	2108,89456**	1241,43198**
Entre progênies C ₂	4	2208,94491**	2892,67501**
Progênies C ₂ vs. Acessos	1	15,30459 ^{NS}	20,86251 ^{NS}
Progênies C ₂ vs. Progênies C ₁	2	153,44278 ^{NS}	1194,10443**
Resíduo	33	81,93693	83,49042
Total	43		
CV (%)		20,06	24,69
Média geral		45,13	37,01

** Significativo a 1% pelo teste F. * Significativo a 5% pelo teste F. NS: não significativo.

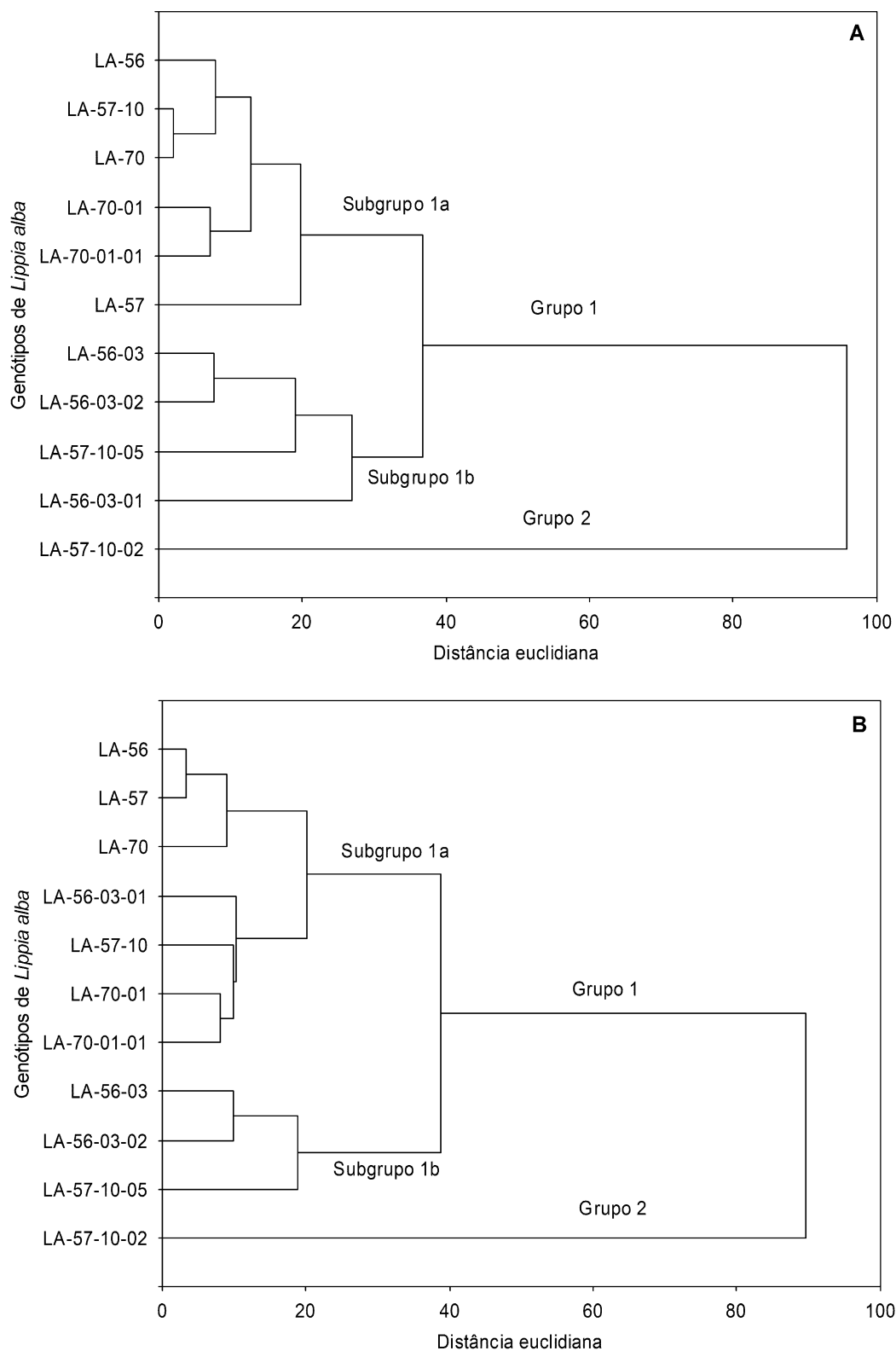


Figura 1. Dendrograma representando a similaridade entre genótipos de *Lippia alba* quanto à composição química do óleo essencial, em duas épocas de colheita: A-seca (12/2020) e B-chuvosa (07/2021).

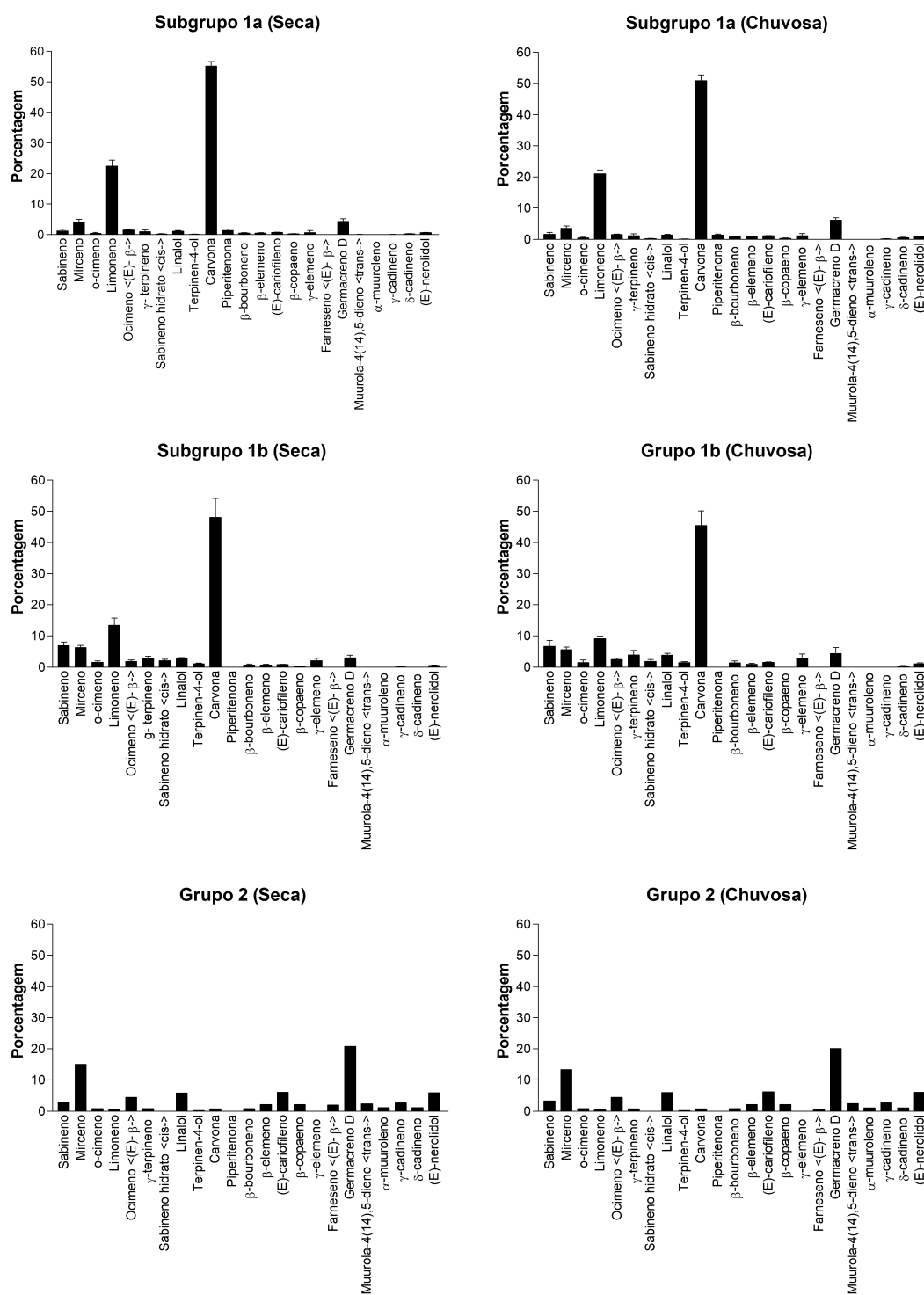


Figura 2. Médias dos principais constituintes químicos do óleo essencial de genótipos de *Lippia alba* colhidos na época seca e chuvosa, referente aos grupos formados na análise de agrupamento.

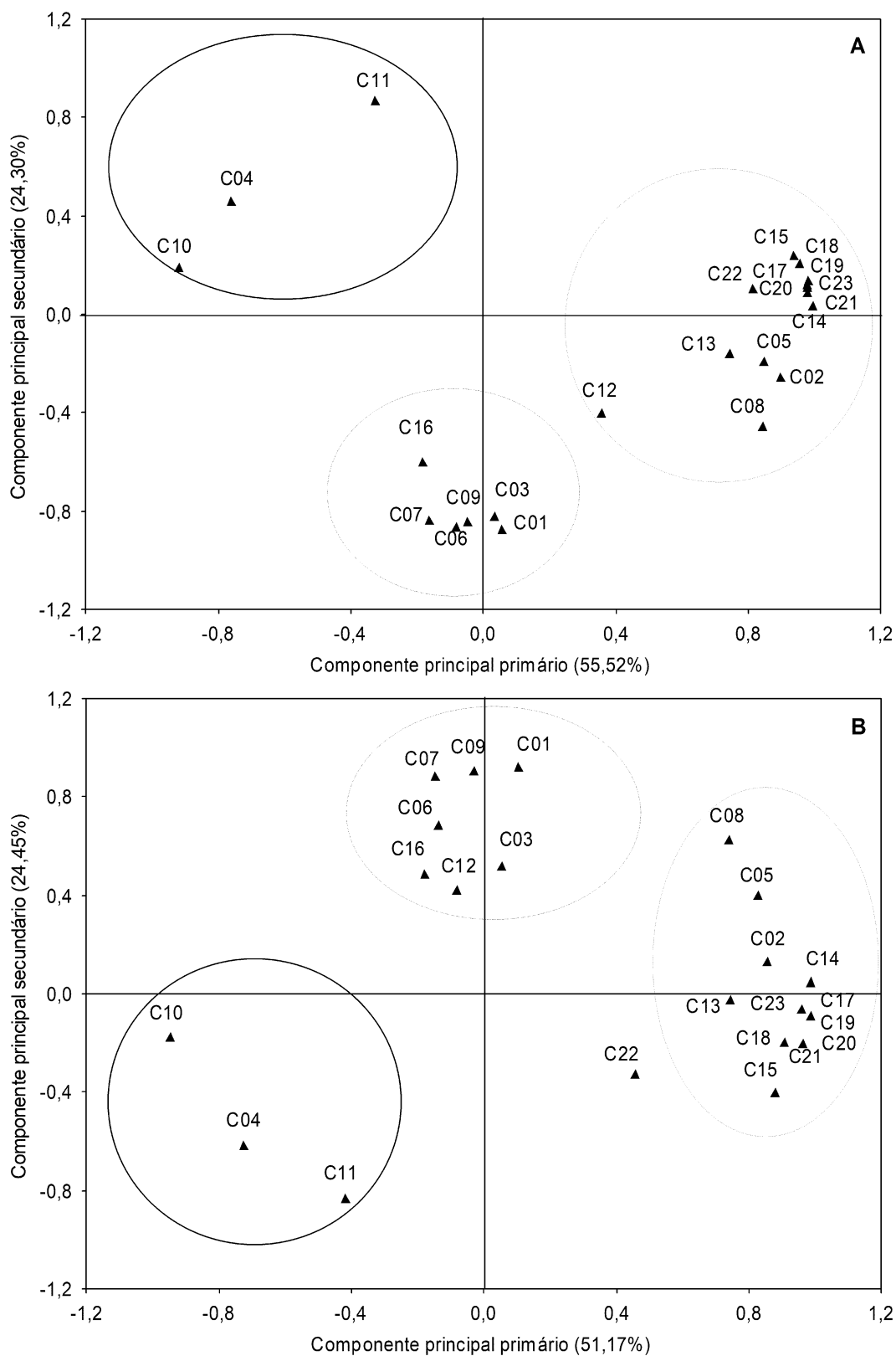


Figura 3. Distribuição dos constituintes químicos do óleo essencial de genótipos de *Lippia alba* em relação a dois componentes principais, em duas épocas de colheita: A -seca (12/2020) e B - chuvosa (07/2021).

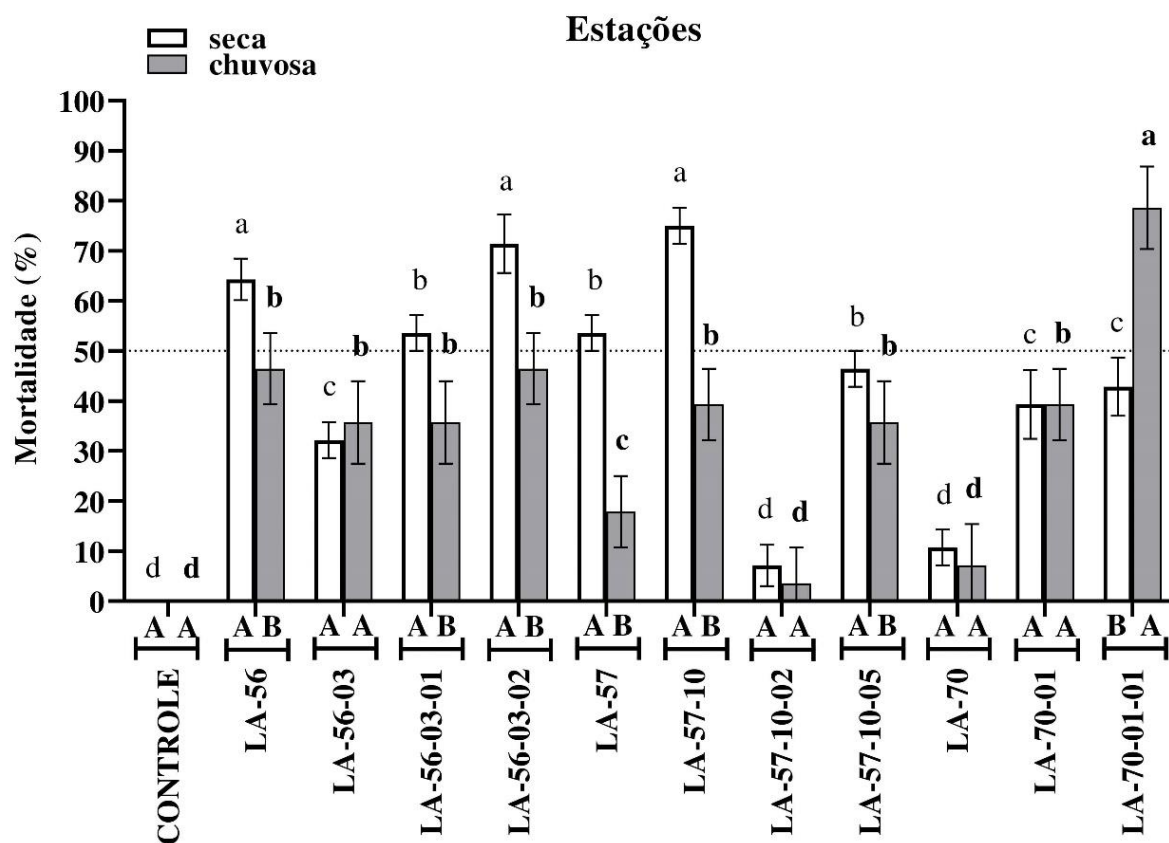


Figura 4. Mortalidade (%) de formigas *Acromyrmex balzani* tratadas com óleos essenciais de genótipos de *Lippia alba* colhidos nas estações seca e chuvosa, aplicados via fumigação ($2,0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ de ar). Letras minúsculas iguais nas barras da mesma estação e letras maiúsculas iguais nas barras do mesmo genótipo não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

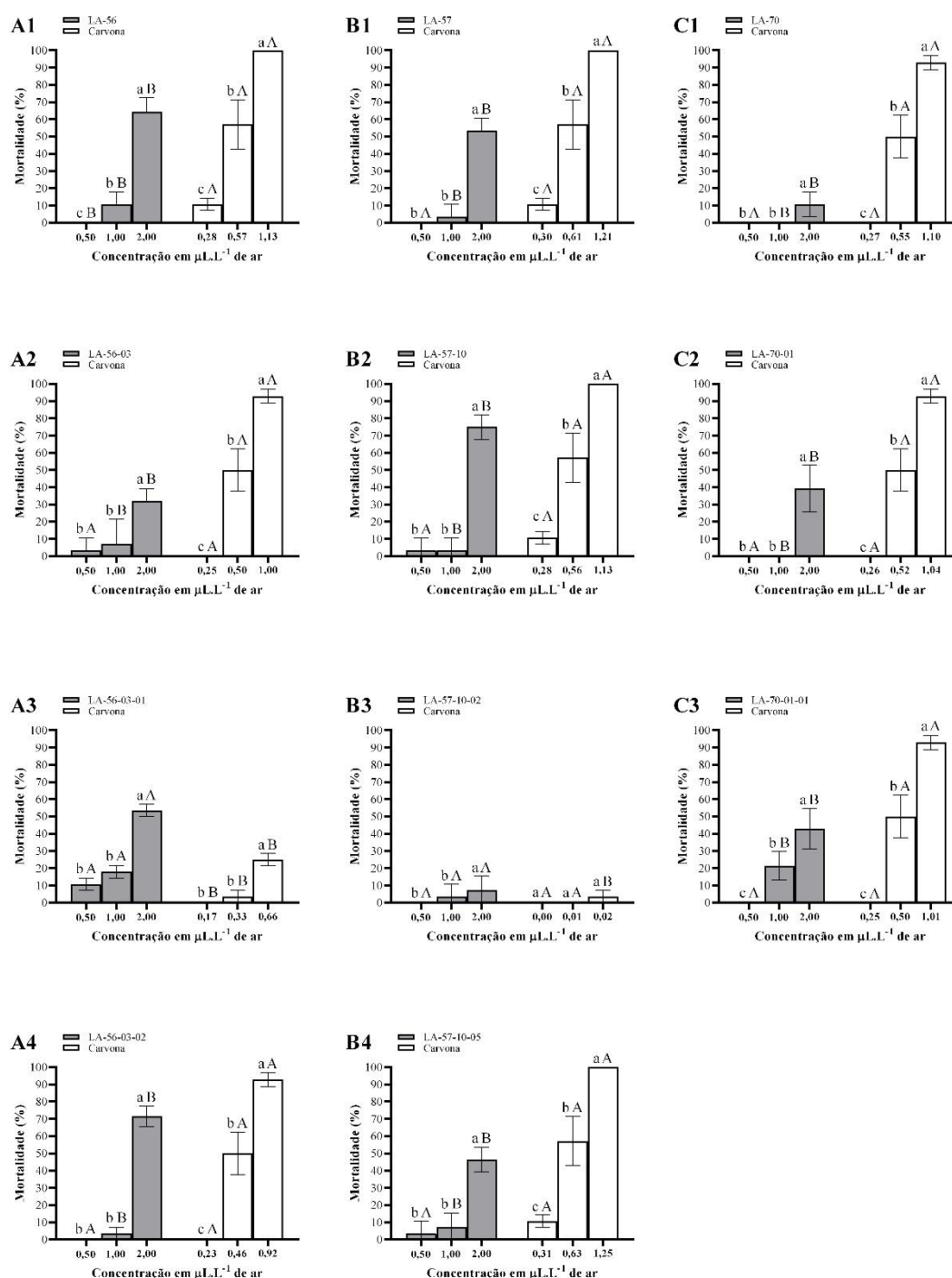


Figura 5. Mortalidade (%) de formigas *Acromyrmex balzani* tratadas com óleos (OE) essenciais de genótipos de *Lippia alba* e com o composto isolado carvona, em função de diferentes concentrações para OE, e concentrações equivalentes de carvona no OE aplicados via fumigação. Letras minúsculas iguais nas barras do mesmo tratamento e maiúsculas entre tratamentos para concentrações equivalentes não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da caracterização morfológica e agronômica, as progênies C₂ foram agrupadas separadamente das progênies C₁ e dos acessos, principalmente devido às menores médias obtidas para as características agronômicas.

A época de colheita influencia a composição química e o teor de óleo essencial de *L. alba*, que tende a ser maior na época seca. Os compostos majoritários carvona e limoneno tendem a reduzir na época chuvosa e por isso, a atividade formicida também é afetada pela época de colheita. A carvona é provavelmente o principal composto relacionado à atividade formicida dos óleos essenciais de *L. alba*.

Embora algumas progênies C₂ tenham se destacado isoladamente quanto à atividade formicida, não há perspectiva de lançamento de nenhuma cultivar a partir delas, devido ao baixo desempenho quanto às características agronômicas. Uma possibilidade futura seria a inserção de novas progênies do grupo carvona num novo ciclo de seleção, resolvendo a questão do estreitamento de base, que pode ter contribuído para o baixo desempenho. Sendo assim, um novo ciclo com o aumento da base genética poderia resultar em melhores desempenhos para seleção de progênies com potencial para o lançamento de cultivar.