

RAQUEL POPOLO SILVEIRA CAPAZ

**AVALIAÇÃO DA REBROTA DE ERVA BALEEIRA (*Varronia curassavica* Jacq.)
CULTIVADA EM PARNAÍBA, PI E BOTUCATU, SP, NA PRODUTIVIDADE DE
BIOMASSA E TEOR DE ALFA-HUMULENO DO ÓLEO ESSENCIAL**

Botucatu

2017

RAQUEL POPOLO SILVEIRA CAPAZ

**AVALIAÇÃO DA REBROTA DE ERVA BALEEIRA (*Varronia curassavica* Jacq.)
CULTIVADA EM PARNAÍBA, PI E BOTUCATU, SP, NA PRODUTIVIDADE DE
BIOMASSA E TEOR DE ALFA-HUMULENO DO ÓLEO ESSENCIAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini
Bonfim

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C236a Capaz, Raquel Popolo Silveira, 1977-
Avaliação da rebrota de erva baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) cultivada em Parnaíba, PI e Botucatu, SP, na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno do óleo essencial / Raquel Popolo Silveira Capaz. - Botucatu : [s.n.], 2017
55 p. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim
Inclui bibliografia

1. Plantas medicinais. 2. Adubação orgânica. 3. Biomassa - Produtividade. 4. Essências e óleos essenciais. I. Bonfim, Filipe Pereira Giardini. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



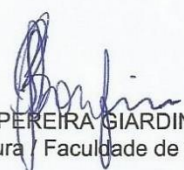
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

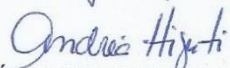
TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA REBROTA DE ERVA-BALEEIRA (*Varronia curassavica* Jacq.) CULTIVADA EM PARNAÍBA, PI E BOTUCATU, SP, NA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E TEOR DE ALFA-HUMULENO DO ÓLEO ESSENCIAL"

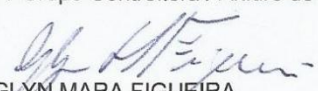
AUTORA: RAQUEL POPOLO SILVEIRA CAPAZ

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Dr.ª ANDRÉA REIKO OLIVEIRA HIGUTI
Botucatu/SP / Grupo Centroflora / Anidro do Brasil


Profa. Dra. GLYN MARA FIGUEIRA
Divisão de Agrotecnologia / Universidade Estadual de Campinas

Botucatu, 10 de fevereiro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e estar à frente de tudo.

À minha família, especialmente ao meu marido Vitor e ao meu filho Thomaz, pelo amor, confiança, paciência e apoio.

Aos meus pais, à minha sogra e ao meu sogro, pois sem eles não teria sido possível chegar onde estou hoje.

Aos professores e amigos que participaram desta importante etapa da vida, especialmente ao meu orientador Filipe e à amiga Helena.

Ao Peter, CEO da Centroflora, que me possibilitou aproveitar a oportunidade da realização do mestrado.

Ao time Centroflora, que participou das atividades de pesquisa, me apoiando e propiciando a realização da mesma, especialmente Andréa, Douglas, Jorge, Marcelo, Aparecido e Leandro (da Botânica, Botucatu), Maurício, Rafael, Evandro e Aurélio (de Parnaíba), Franciane, Paulo, Juliana e Miriã (do Controle de Qualidade), Paula, Milena e Rodrigo (da Sustentabilidade), Mégane e Isabel (estagiárias do coração).

À Jéssica e time Phytobios.

À Ana Paula (UNESP, IBB, Herbário), pelo depósito das exsicatas.

À Karina (EMBRAPA Parnaíba/PI) e à Taiza (FCA, Engenharia Rural/ Arquivo Metereológico), pelos dados metereológicos.

À Márcia Ortiz (IAC) e Nathalia Parreiras.

À UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Programa PG – Horticultura, por toda estrutura e suporte.

A todos, que de alguma forma, estiveram presentes nos meus dias nestes anos de mestrado, amigos do dia-a-dia, amigos das disciplinas, amigos para sempre.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em populações cultivadas de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), em diferentes latitudes, nos municípios de Parnaíba, estado do Piauí e Botucatu, estado de São Paulo. Ambas foram cultivadas a partir de sementes da mesma origem. Em Parnaíba, PI, esta avaliação foi realizada em função de adubação orgânica e diferentes tempos de rebrota. O experimento foi instalado em área agrícola do Grupo Centroflora, em condições de campo, sendo o delineamento experimental adotado em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, sendo os fatores adubação (com ou sem adubação) e rebrota (60, 90, 120 e 150 dias de rebrota). Foram utilizadas 50 plantas úteis por tratamento. O espaçamento utilizado foi de 0,60m entre plantas e 2,70m entre linhas, seguindo o padrão de espaçamento já utilizado na produção em escala. Para obtenção das amostras a serem avaliadas, a altura de corte foi padronizada 0,30m acima do solo. As colheitas foram realizadas a partir do corte de uniformização seguido pelos diferentes tratamentos de avaliação de rebrota. A extração do óleo essencial foi realizada imediatamente após cada colheita, por arraste a vapor, sendo o tempo de extração padronizado em duas horas. As análises de determinação de teor de alfa-humuleno foram realizadas por Cromatografia Gasosa (CG). Os resultados encontrados no experimento de Parnaíba sugerem que a adubação orgânica não propiciou maior produtividade em biomassa e teor de alfa-humuleno. No experimento realizado em Botucatu, SP, o delineamento experimental adotado foi de 4 tratamentos, em 5 blocos casualizados, sendo as coletas realizadas 60, 90, 120 e 150 dias após corte inicial de uniformização. O experimento foi realizado a partir de população previamente existente, com plantas adultas (2 anos e três meses de idade), sendo espaçamento entre plantas e entre linhas de 0,60m x 1,80m. Foram utilizadas 10 plantas por tratamento, sendo a coleta das amostras padronizada a 0,90m de altura acima do solo. As extrações de óleo e análises foram padronizadas com o experimento de Parnaíba. A análise de variância, através de regressão quadrática, mostrou diferença significativa para produtividade e teor de alfa-humuleno ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), nos diferentes tempos de rebrota. Em ambos experimentos (Parnaíba, PI e Botucatu, SP), houve a tendência de aumento de produtividade em biomassa conforme o aumento da idade da rebrota. No entanto, os teores de alfa-humuleno foram maiores nos materiais coletados aos 60 dias de rebrota. Os experimentos sugerem que o melhor tempo de rebrota é o de 120 dias, ponto de equilíbrio entre produtividade em biomassa e rendimento de teor de alfa-humuleno. A composição química das diferentes populações, obtida de amostras de óleo essencial com 90 dias de rebrota, apresentou diferenças nas substâncias.

Palavras-chave: Erva baleeira. *Varronia curassavica*. *Cordia verbenacea*. Produtividade. Alfa-humuleno. Adubação orgânica.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of regrowth on biomass productivity and alpha-humulene content in cultivated populations of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) in different latitudes, in the municipalities of Parnaíba, state of Piauí and Botucatu, state of São Paulo. Both were cultivated from seeds of the same origin. In Parnaíba, PI, this evaluation was based on organic fertilization and different regrowth times. The experiment was implemented under field conditions in an agricultural area of Centroflora Group. The experimental design was based on randomized blocks, with a 4 X 2 factorial scheme, where the factors were fertilization (with or without fertilization) and regrowth times (60, 90, 120 and 150 days). Fifty plants per treatment were used. The spacing was of 0.60m between plants and 2.70m between lines, following the pattern already used in large-scale production. To obtain the samples to be evaluated, the cutting height was standardized at 0.30m above the ground. The harvests were carried out starting from the standardization cut, followed by the different treatments and regrowth evaluation. The extraction of the essential oil was done immediately after each harvest through steam distillation, and the extraction time was standardized in two hours. The analyses to determine the alpha-humulene content were carried out through Gas chromatography (GC). The results found in the Parnaíba experiment suggest that the organic fertilization did not provide higher biomass productivity and alpha-humulene content. In the Botucatu-SP experiment, the experimental design adopted included 4 treatments in 5 randomized blocks, and harvests carried out 60, 90, 120 and 150 days after the initial standardization cut. The experiment was conducted from the previously existing population, with adult plants (2 years and three months old), and spacing between plants and lines of 0.60m X 1.80m. Ten plants per treatment were used, and the collection of samples standardized at 0.90m of height above the ground. The oil extractions and analyses were standardized with the Parnaíba experiment. The variance analysis, through quadratic regression, showed a significant difference for productivity and alpha-humulene content at the 1% probability level ($p < 0.01$) and different regrowth times. In both experiments (Parnaíba, PI and Botucatu, SP), a tendency of productivity increasing in biomass as the regrowth time increased was noted. However, the alpha-humulene contents were higher in the materials collected after 60 days of regrowth. The experiments suggest that the best regrowth time is 120 days, which is the equilibrium point between biomass productivity and alpha-humulene content. The chemical composition of the different populations, obtained from samples of the essential oil with 90 days of regrowth, showed differences in substances.

Keywords: *Varronia curassavica*. *Cordia verbenácea*. Productivity. Alpha humuleno. Organic fertilization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de temperatura média compensada (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), evaporação (mm) e insolação no período de realização do experimento	28
Tabela 2 - Resultado de análise de material orgânico, composto orgânico utilizado no experimento, maio de 2015	30
Tabela 3 - Resultados de análise de solo no tratamento com adubação de cobertura após cortes, maio de 2015	32
Tabela 4 - Resultados de análise de solo no tratamento sem adubação de cobertura após cortes, maio de 2015	32
Tabela 5 - Dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), evaporação (mm) e insolação (horas décimos) no período de realização do experimento	34
Tabela 6. Resultados de análise de solo na área experimental de Botucatu, SP. Novembro, 2016	36
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno nos tratamentos de adubação e dias de rebrota.	38
Tabela 8 - Médias de produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno nos tratamentos considerando o fator adubação: A (com adubação de cobertura) e S (sem adubação de cobertura)	39
Tabela 9 - Médias de produtividade e teor de alfa-humuleno nos tratamentos considerando efeito de rebrota aos 60 dias, 90 dias, 120 dias e 150 dias após corte (Parnaíba/ PI, 2014)	41
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade e teor de alfa-humuleno nos diferentes tempos de rebrota	43
Tabela 11 - Médias de produtividade e teor de alfa-humuleno nos diferentes tempos: efeito de rebrota 60 dias, 90 dias, 120 dias e 150 dias após corte (Botucatu/SP, 2016)	44
Tabela 12 - Composição química de óleo essencial de <i>V.curassavica</i> Jacq.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do experimento em Parnaíba, PI, com destaque para o perímetro contornado por cor laranja.	27
Figura 2 - Plantio de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em área experimental.....	30
Figura 3 - Indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. com 6 meses de idade.....	31
Figura 4 - Corte de uniformização, estabelecido a 0,30m acima do solo.	31
Figura 5 - Localização do experimento em Botucatu, SP, destacado no perímetro com contorno na cor laranja.	34
Figura 6 - Produtividade ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) nos diferentes tempos de rebrota em Parnaíba, PI (2014/ 2015).....	42
Figura 7 - Produtividade em biomassa fresca ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) nos diferentes tempos de rebrota em Botucatu, SP (2016).....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Características gerais e botânicas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	20
2.2 Ocorrência de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	20
2.3 Aspectos de cultivo de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	21
2.4 Constituintes Químicos e atividades de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.	23
2.5 Óleos essenciais e metabolismo secundário	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Experimento I - Efeito da adubação orgânica e da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. cultivada em Parnaíba, Piauí.....	27
3.1.1 Localização e caracterização da área experimental	27
3.1.2 Voucher de <i>Varronia curassavica</i> cultivada no Piauí	29
3.1.3 Delineamento, instalação e condução do experimento.....	29
3.1.4 Colheita, extração e análise do óleo essencial	33
3.1.5 Características avaliadas	33
3.2 Experimento II - Efeito de rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em <i>Varronia curassavica</i> Jacq. cultivada em Botucatu, São Paulo	33
3.2.1 Localização e caracterização da área experimental	33
3.2.2 Voucher de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. cultivada em Botucatu	35
3.2.3 Delineamento, condução do experimento e extração de óleo essencial ...	35
3.2.4 Características avaliadas	36
3.3 Experimento III - Composição química de populações de <i>Varronia</i> <i>curassavica</i> Jacq. cultivadas em Botucatu, SP e Parnaíba, PI	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Experimento I - Efeito da adubação orgânica e da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. cultivada em Parnaíba, Piauí.....	38
4.2 Experimento II - Efeito de rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em <i>Varronia curassavica</i> Jacq. cultivada em Botucatu, SP ...	43
4.3 Experimento III - Composição química de populações de <i>Varronia</i> <i>curassavica</i> Jacq. cultivadas em Botucatu, SP e Parnaíba, PI	46
5 CONSIDERAÇÕES.....	49
6 CONCLUSÕES	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

Plantas, fungos, insetos, organismos marinhos e bactérias são fontes importantes de substâncias biologicamente ativas, sendo que a maioria dos fármacos em uso clínico ou são de origem natural ou foram desenvolvidos por síntese química planejada a partir de produtos naturais. Embora existam, nos dias atuais, diversas estratégias e metodologias disponíveis para que se possa sintetizar e descobrir novos fármacos, a química de produtos naturais representa uma destas alternativas de sucesso, historicamente privilegiada. Muitos metabólitos secundários ou especiais se notabilizaram como matérias primas valiosas para a produção de inúmeros medicamentos contemporâneos, comprovando que a parceria entre químicos medicinais e químicos de produtos naturais é estratégica para a descoberta de fármacos inovadores (BARREIRO, 2009).

O Brasil possui arcabouço legal para plantas medicinais e fitoterápicas, bem como programas de incentivo à pesquisa. Em 2006 foram publicadas políticas governamentais voltadas para o setor: a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicas (PNPMF) e a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde (SUS) (CARVALHO, 2011).

A partir da PNPMF, o Ministério da Saúde tem investido em diversas ações para fomentar o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicas, instituído em 2008, tendo como objetivos inserir, com segurança, eficácia e qualidade, plantas medicinais, fitoterápicas e serviços relacionados à Fitoterapia no Sistema Único de Saúde. O programa visa também a promoção e o reconhecimento de práticas populares e tradicionais de uso de plantas medicinais.

Em 2009 foi publicada a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS), apresentando 71 espécies descritas com fins terapêuticos. A relação foi desenvolvida pelo Ministério da Saúde para orientar a cadeia produtiva e o desenvolvimento de pesquisas. Dentre as espécies listadas está a *Varronia curassavica* Jacq.

O Formulário Nacional Fitoterápico da Farmacopéia Brasileira (ANVISA, 2011) descreve o uso tópico das folhas de *Cordia verbenacea* como anti-inflamatório em forma infuso, como compressa ou em forma de pomada.

A espécie *Varronia curassavica* Jacq. pertence à família Boraginaceae. Possui como sinônimos relevantes *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. e *Cordia verbenacea* DC. (STAPF, 2015).

Seu uso popular está associado às atividades antiinflamatória, anti-úlceras, analgésica e cicatrizante (LORENZI E MATOS, 2008). Em regiões litorâneas, especialmente na região de Ubatuba e Caraguatatuba, o uso é realizado em forma de macerado imediatamente após a coleta das folhas. Um dos nomes populares da espécie (erva-baleeira) é consequência de seu uso no tratamento de machucados após atividades de caça à baleia.

A partir de várias pesquisas envolvendo as áreas de Química, Farmacologia, Toxicologia e Pesquisa Clínica, realizadas por mais de uma década em diferentes instituições de pesquisa, foi registrado um medicamento fitoterápico produzido a partir do óleo essencial desta espécie, o Acheflan®, disponível nas farmácias, sob prescrição, em aerossol e creme. Em sua bula, o fitoterápico é indicado no tratamento local de processos inflamatórios, tais como tendinites e dores musculares, e em quadros inflamatórios dolorosos associados a traumas de membros, entorses e contusões.

É de grande importância o desenvolvimento de pesquisas e de técnicas de manejo cultural de plantas com potencial terapêutico, levando-se em consideração o seu uso popular e o equilíbrio ambiental (MATTOS, 2000). É de extrema importância também que essas técnicas sejam desenvolvidas de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região, já que a produção de metabólitos secundários pode ser afetada pelo ambiente e pelas práticas de cultivo e manejo (RETAMAR, 1997).

De acordo com GOBBO-NETO e LOPES (2007), os principais fatores que podem coordenar ou alterar a taxa de produção de metabólitos secundários são o desenvolvimento das plantas, o índice pluviométrico, a sazonalidade, a temperatura, a disponibilidade hídrica, a radiação ultravioleta, os nutrientes, a altitude, a indução por estímulos mecânicos ou o ataque de patógenos.

Entre estes fatores, alguns são exclusivamente direcionados pelas condições ambientais e outros pelo manejo e tecnologias utilizadas. Apesar da alta ocorrência de *Varronia curassavica* em diferentes regiões do Brasil, a cadeia produtiva desta

espécie ocorre através de seu cultivo, havendo uma área cultivada em pivô central de irrigação no município de Parnaíba, estado Piauí, local onde a espécie também ocorre naturalmente.

Com a demanda de mercado pelo fitoterápico produzido a partir desta espécie, assim como por sua indicação na RENISUS, tornam-se necessárias melhorias nos sistemas de produção, visando tecnologias de cultivo orgânico, a fim de maximizar a produtividade em biomassa e a qualidade do óleo essencial padronizado em alfa-humuleno.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em diferentes populações de *Varronia curassavica* Jacq. cultivadas em Parnaíba, PI e Botucatu, SP e obter a composição química do óleo essencial destas populações. A avaliação de produtividade e teor de alfa-humuleno foi realizada em rebrotas de 60, 90, 120 e 150 dias. Em Parnaíba, PI, além do efeito da rebrota, foi analisado também o efeito da adubação com composto orgânico nos mesmos fatores.

A dissertação foi estruturada em três experimentos, sendo o primeiro de maior destaque por se tratar do projeto de pesquisa, com maior tempo de duração e dados de implantação, execução e resultados. O segundo capítulo trata de um experimento adicional, localizado em população previamente existente. O terceiro traz a composição química dos óleos essenciais das diferentes localidades, agregando resultados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais e botânicas de *Varronia curassavica* Jacq.

Varronia curassiva Jacq. pertence ao grupo das Angiospermas e da família Boraginaceae Juss. Tem como sinônimos relevantes *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. e *Cordia verbenacea* DC. Arbusto, de substrato terrícola, é nativa do Brasil, porém não endêmica (STAPF, 2015). Entre seus nomes populares destacam-se erva-baleeira, maria-preta, maria-milagrosa e catinga-de-barão.

É um arbusto muito ramificado, ereto e aromático, com hastes cobertas por casca fibrosa e com altura de 1,5 a 2,5m. As flores são pequenas, brancas e dispostas em inflorescências racemosas de 10-15cm de comprimento. Os frutos são cariopses esféricas que quando maduros apresentam coloração vermelha. Folhas simples, alternas, coriáceas, aromáticas de 5- 10cm de comprimento, são utilizadas na medicina popular devido às suas propriedades antiinflamatória, analgésica e cicatrizante (LORENZI e MATOS, 2008).

2.2 Ocorrência de *Varronia curassavica* Jacq.

Ocorre no Brasil desde a Amazônia até o Rio Grande do Sul. É um arbusto muito ramificado, ereto, aromático, com hastes cobertas por uma casca fibrosa. Possui folhas coriáceas e aromáticas com flores de coloração esbranquiçada e frutos avermelhados (LORENZI e MATOS, 2008). Localiza-se, preferencialmente, a uma distância de 500 a 1000 m da costa (ANGELY 1970, BAYEUX et al. 2002). É popularmente conhecida como erva-baleeira, catinga-de-barão, catinga-de-mulata, baleeira, camarinha, cordia, balieira-cambará, erva-preta, maria-milagrosa, maria-preta, salicinia, mariarezadeira, camaramoneira-do-brejo (LORENZI e MATOS, 2008).

Sua distribuição geográfica no Brasil compreende os domínios fitogeográficos Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, sendo os tipos de vegetação área antrópica, Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) e Restinga. Apesar de nativa, não é endêmica do Brasil (STAPF, 2015).

A espécie *Cordia verbenacea* é nativa das Américas, sendo encontrada desde a América Central até a Região Central da Argentina (BARROSO et al. 2002).

MENDES (2015), em sua avaliação de condições ecogeográficas e edafoclimáticas dos ambientes de ocorrência da erva-baleeira, observou que a espécie tolera solos fortemente ácidos e com alta saturação de alumínio, ocorrendo em diferentes níveis de fertilidade e classes de solo. Nas mesorregiões Norte e Vale Jequitinhonha de Minas Gerais, a erva-baleeira não apresentou condições ecogeográficas e edafoclimáticas específicas para a sua ocorrência.

2.3 Aspectos de cultivo de *Varronia curassavica* Jacq.

ARRIGONI-BLANK et al. (1999), detectaram que no cultivo da erva-baleeira em solos ácidos e de baixa fertilidade, a calagem e a adubação são essenciais para o seu crescimento. No solo utilizado, os nutrientes que apresentaram maiores respostas quanto ao crescimento e nutrição da espécie foram o N, K e B, bem como a calagem. Em seu delineamento experimental, os tratamentos foram: completo (adubado com N, P, K, S, B, Cu, Fe, Zn e calagem), Completo sem calagem, Completo sem N, Completo sem P, Completo sem K, Completo sem S, Completo sem B, Completo sem Zn e Testemunha (solo natural), sendo que a omissão da calagem, do B e K reduziram significativamente a produção de matéria seca de raiz (exceto no -K), folhas, caule e parte aérea total da espécie. O tratamento (omissão de N) apresentou uma redução somente no peso da matéria seca de folhas e parte aérea total.

LAPA (2006), avaliou a influência de fatores ambientais no crescimento e produção de metabólitos, sugerindo que a alta intensidade de luz solar aumenta a produção de metabólitos em *Cordia curassavica*, mas não na biomassa de folhas, enquanto que em solos de maior fertilidade aumenta a produção de metabólitos e da biomassa.

Em avaliação de produção de biomassa e composição química de genótipo selecionado de *Cordia verbenacea*, VAZ et al. (2006) detectaram variações na produção de biomassa, assim como diferenças qualitativas e quantitativas na composição química das plantas em função de cultivo em diferentes municípios do Estado de São Paulo (Altinópolis, Campinas, Jales e São Carlos), destacando-se os maiores rendimentos de princípios ativos na região de Jales. As análises de produtividade e teor foram realizadas após um ano de cultivo em campo.

BETTIOL et al. (2009), realizaram um estudo de caso de integração de medidas para o manejo de uma doença limitante à multiplicação de mudas de *Cordia*

verbenaceae em viveiro. Com base em princípios epidemiológicos e manejo integrado, foi possível reduzir de 60% para 10% em perdas de mudas infectadas por podridão de *Phoma*.

PAULILO et al. (2010) estudaram o comportamento de *Cordia curassavica* em condições similares ao ambiente natural, alta intensidade de luz e solo de restinga e em condição de baixa intensidade de luz e substrato adubado (solo distroférico mais húmus de minhoca), avaliando o crescimento da planta, o rendimento de extratos brutos de folha, o número de substâncias encontradas em cromatografia de placa no extrato alcoólico e a toxicidade do substrato. Os resultados indicaram que o crescimento da biomassa de raiz, de caule e de folhas em alta ou baixa intensidade de luz foi similar, mas menor em solo de restinga que em solo adubado. O rendimento relativo de extratos em éter de petróleo e alcoólico foi maior em alta intensidade de luz e substrato adubado. A intensidade de luz e o tipo de substrato não afetaram o número de substâncias detectadas no extrato alcoólico ou a toxicidade desse extrato.

A idade e o desenvolvimento das plantas, bem como dos diferentes órgãos vegetais, também são de considerável importância e podem influenciar não só a quantidade total de metabólitos produzidos, mas também as proporções relativas dos componentes da mistura (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

MONTANARI (2011) constatou ampla variação genética em progênies de uma população de *Cordia verbenacea* estudada, concluindo que esta variação pode ser explorada para fins de melhoramento. Concluiu-se que podem ser esperados ganhos expressivos selecionando-se as melhores plantas dentro das melhores progênies. O estudo das correlações mostrou que a produção de óleo essencial e de alfa-humuleno estão altamente correlacionadas com a produção de biomassa, indicando que pode ser praticada a seleção indireta para melhoramento.

De acordo com FEIJO et al. (2014), a irradiação afeta o crescimento das plantas de *Varronia curassavica*, mas sem alteração significativa na biomassa foliar. O aumento no teor de óleo essencial deve estar associado à maior frequência de tricomas glandulares. A composição do óleo essencial pode ser afetada pela irradiação, mas o alfa-humuleno mantém-se inalterado.

BRANDÃO (2014) avaliou a biomassa, teor e a produção de óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., bem como a sua caracterização química com a quantificação de alfa-humuleno e beta cariofileno e a determinação dos componentes majoritários presentes no óleo essencial, sob influência do espaçamento, com e sem

aplicação de cobertura morta. Os resultados indicaram que as variações de espaçamento e da presença ou ausência de cobertura morta não influenciaram nas concentrações de alfa-humuleno e betacariofileno. Os maiores resultados de alfa-humuleno foram encontrados nos tratamentos sem cobertura morta.

BOLINA (2015) estudou o metabolismo, o desenvolvimento e a composição química de *Varronia curassavica* Jacq. em função da supressão da irrigação, observando redução das variáveis biométricas altura da planta, área foliar e rendimento das massas frescas de folha, caule e total. O maior rendimento de óleo essencial (0,18%) foi observado em plantas submetidas ao menor potencial hídrico (-2,5 MPa). A supressão da irrigação foi eficiente no aumento da produtividade do óleo essencial de *V. curassavica*, sem provocar perdas no acúmulo de fitomassa. A espécie *V. curassavica* apresenta mecanismo fotossintético do tipo C3. As proporções relativas dos princípios ativos (E)-cariofileno (25,2%) e α -humuleno (4,4%) não diferiram estatisticamente em função dos tratamentos.

2.4 Constituintes Químicos e atividades de *Varronia curassavica* Jacq.

FERNANDES et al. (2007), em estudos farmacológicos e clínicos, avaliaram que o óleo essencial extraído das folhas de *V. curassavica* é rico em alfa-humuleno e é o responsável pelas atividades anti-inflamatória e analgésica, comprovando o uso popular. VAZ et al. (2006), avaliaram o teor mínimo de 2,3% de alfa-humuleno em *Cordia verbenacea* em quatro municípios paulistas do estado de São Paulo (Altinópolis, São Carlos, Campinas e Jales), destacando-se Jales e São Carlos com maior teor de alfa-humuleno.

SANTOS et al. (2007), avaliando a composição química de frações ativas de óleo essencial de *Cordia verbenacea*, concluíram através do fracionamento e a identificação dos constituintes monitorados pela atividade farmacológica, a determinação do princípio ativo alfa-humuleno como sendo o marcador do fitomedicamento. GILBERT e FAVORETO (2012), indicam que dentre os principais constituintes químicos da erva-baleeira estão monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, flavonoides e ácidos graxos. O alfa-humuleno é um importante constituinte do óleo essencial e foi designado como principal marcador químico.

RODRIGUES et al. (2012) avaliaram a composição química e atividades fungicidas e bactericidas de óleo essencial de *Varronia curassavica*, identificando como

principais componentes β -caryophyleno (25,4%), bicyclogermacreno (11,3%), δ -cadineno (9,0%) e α -pineno (9,5%). Na composição química deste trabalho, o teor de alfa-humuleno apresentado foi de 4,8%. Os estudos mostravam atividade fungicida para duas espécies de *Candida* e bactericida para *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*, indicando que este óleo essencial pode ser usado como adjuvante no tratamento contra bactérias patogênicas.

SANTOS et al. (2006) avaliaram o potencial larvicida de dois óleos essenciais, entre ele o de *Cordia verbenacea*, contra larvas no terceiro estágio do mosquito *Aedes aegypti*, com resultado de atividade biológica significativa.

A apresentação de Acheflan®, fitoterápico de aplicação anti-inflamatória, possui em sua composição o óleo essencial padronizado em 2,3 a 2,9% de alfa-humuleno.

2.5 Óleos essenciais e metabolismo secundário

Desde a idade média, os óleos essenciais vêm sendo usados como bactericidas, fungicidas, larvicidas, inseticidas, em aplicações cosméticas e farmacêuticas, na agricultura e indústria alimentícia (BAKKALI et al, 2008). São extraídos de plantas, na grande maioria das vezes, através da técnica de arraste a vapor. São compostos principalmente de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides, metabólitos que conferem suas características organolépticas (BIZZO et al, 2009).

Os óleos essenciais são comumente encontrados nas folhas e flores, em cavidades especializadas denominadas canais secretores e tricomas. Possuem importantes funções, como atração de polinizadores, proteção contra herbívoros e patógenos, na competição ou na simbiose entre plantas e organismos e no desenvolvimento de outras funções ecológicas importantes (TAIZ e ZEIGER, 2009).

São misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos, na maioria das vezes, por moléculas de natureza terpênica. Frequentemente apresentam odor agradável e marcante. Podem ser extraídos por meio de arraste com vapor d'água, hidrodestilação ou expressão de pericarpo de frutos cítricos. Porém, há outros métodos de extração como a extração por CO₂ supercrítico e por solventes orgânicos apolares (MORAISa, 2009).

Seus constituintes podem pertencer às mais diversas classes de compostos, porém os terpenos e os fenilpropenos são as classes de compostos mais comumente encontrados. Os terpenos encontrados com maior frequência são os monoterpenos e sesquiterpenos, bem como os diterpenos (constituintes minoritários dos óleos essenciais) (CASTRO et al., 2004). Os metabólitos secundários, como são chamados os produtos derivados do metabolismo secundário, não estão diretamente ligados à manutenção da vida do vegetal, porém, conferem vantagens à sua sobrevivência (MORAIS, 2009b apud SANTOS, 1999).

Conforme MORAIS (2009a), os compostos secundários sintetizados pelas plantas são provenientes de três precursores principais: ácido chiquímico ou chiquimato, que origina compostos aromáticos, ligninas e cumarinas; aminoácidos, de onde derivam alguns alcalóides e o acetato. Este último pode ser redirecionado em outras três vias: condensação, ácido cítrico e mevalonato. A via do mevalonato é responsável pela síntese dos isoprenóides, que dão origem aos terpenos, componentes dos óleos essenciais. Os terpenos são constituídos de duas ou mais unidades isoprênicas. Cada molécula de isopreno é formada por cinco átomos de carbono (C5). De acordo com o tamanho da molécula, os terpenóides recebem denominação diferente: compostos formados por duas unidades isoprênicas (C10) são classificados como monoterpenos (mentol, limoneno, linalol, citral); os compostos formados por três unidades isoprênicas (C15) são classificados como sesquiterpenos (α -selineno, β -cariofileno, alfa-humuleno); compostos formados por quatro unidades isoprênicas (C20) são os diterpenos e os compostos formados por seis unidades isoprênicas (C30) são classificados como triterpenos. Os monoterpenos e os sesquiterpenos são os compostos de ocorrência mais frequente na natureza, sendo os primeiros mais facilmente encontrados. São também responsáveis por grande parte das atividades biológicas dos óleos essenciais.

Características edafoclimáticas peculiares em algumas regiões do Brasil podem interferir positiva ou negativamente na produção de óleos essenciais (GOBBO-NETO e LOPES, 2007). A composição química dos óleos essenciais é determinada por fatores genéticos, porém, outros fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários. Os estímulos decorrentes do ambiente no qual a planta se encontra podem redirecionar a rota metabólica, ocasionando a síntese de diferentes compostos. Dentre estes fatores, destacam-se as interações planta-microrganismos, planta-insetos e planta-planta; idade e estágio de desenvolvimento,

luminosidade, temperatura, água, nutrição, época e horário de coleta. Temperatura e luminosidade apresentam papel relevante na fotossíntese, pois a interação destes fatores garante um ambiente ideal para o processo fisiológico (MORAIS, 2009b apud SOUZA et al., 2008). O teor de óleos essenciais, na maioria das vezes, aumenta quando as plantas se encontram em ambientes com temperatura elevada, porém, em dias muito quentes, pode-se observar perda excessiva destes óleos pela transpiração ou outras rotas metabólicas.

Outro fator que pode ser relevante na alteração do rendimento e composição química dos óleos essenciais é a precipitação. Chuvas intensas e constantes podem resultar na perda de substâncias hidrossolúveis presentes, principalmente, nas folhas e flores. Apesar de cada espécie ter se adaptado ao seu habitat, as plantas frequentemente são capazes de existir em uma considerável faixa de temperatura. A faixa em que ocorrem as variações anuais, mensais e diárias na temperatura é um dos fatores que exerce maior influência em seu desenvolvimento, afetando, portanto, a produção de metabólitos secundários.

As baixas temperaturas têm influências significantes nos níveis de metabólitos secundários. Como exemplo notório foi observado em *Artemisia annua*: após estresse metabólico causado por geada, verificou-se um aumento de cerca de 60% nos níveis de artemisinina. O estresse hídrico frequentemente tem consequências significantes nas concentrações de metabólitos secundários em plantas e há vários relatos de que estas condições geralmente levam a um aumento na produção de vários tipos de metabólitos secundários como glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos, alguns terpenóides, antocianinas e alcaloides (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

O fator horário de coleta de *Varronia curassavica* foi estudado por Queiroz et al. (2016), avaliando o teor e os constituintes químicos do óleo essencial de plantas cultivadas em Montes Claros, MG. Os resultados indicaram que o teor de óleo essencial não sofreu influência do horário de coleta. No entanto, houve influência do horário de coleta na composição do óleo essencial, sendo beta cariofileno (22,6% a 27,4%) e elixeno (14,9 a 17,2%) os compostos majoritários em todos os horários de coleta.

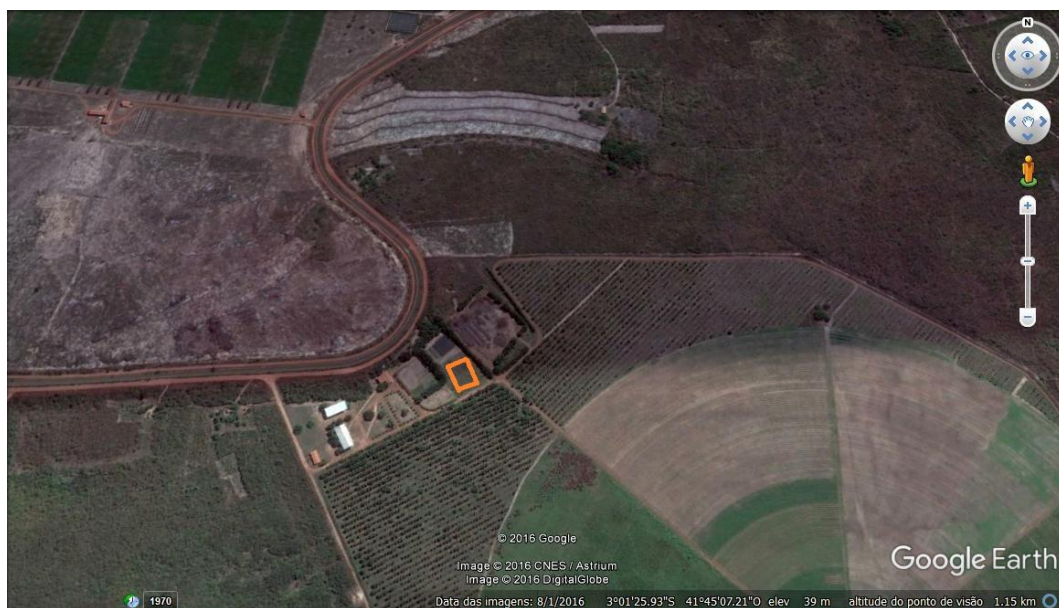
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I - Efeito da adubação orgânica e da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno de *Varronia curassavica* Jacq. cultivada em Parnaíba, Piauí

3.1.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no lote agrícola LE-18, Baixa Carnaúba, situado no Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), em Parnaíba, Piauí, conduzido em condições de campo (Figura 1). A coordenadas geográficas locais são: 3° 01' 28,41" S e 41° 45' 10,87" O, com elevação de 41 metros acima do nível do mar. O plantio foi realizado em novembro de 2013 e os dados coletados no período de julho de 2014 a agosto de 2015.

Figura 1 - Localização do experimento em Parnaíba, PI, com destaque para o perímetro contornado por cor laranja



O clima da região tem como características: estação chuvosa de janeiro a março, temperatura mínima anual de 21°C, média de 27°C e máxima anual de 35,7°C, fusolação: 3.000h/ano, umidade relativa média anual de 76%, velocidade média dos ventos de 18,7 Km/h, evapotranspiração média anual de 2.792 mm, precipitação média anual de 1.280 mm (DNOCS, 2015). O relevo é plano e suave ondulado, com solos que oferecem restrições de drenagem. No perímetro irrigado foram identificados

solos do tipo latossolo amarelo, podzólico vermelho amarelo e areia quartzosa. O suprimento hídrico do perímetro irrigado é feito através do Rio Parnaíba (perene).

Os dados meteorológicos do período de realização do experimento foram cedidos pela EMBRAPA Parnaíba, onde está localizada a Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia/ INMET (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de temperatura média compensada (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), evaporação (mm) e insolação no período de realização do experimento

Mês/ Ano	Temperatura do ar em graus (média compensada)	Umidade relativa	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insolação total (Horas décimos)
Jul.14	26,8	76%	3,5	159,2	276,7
Ago.14	27,2	76%	0,0	191,6	299,5
Set.14	27,5	76%	8,5	216,2	363,0
Out.14	28,3	73%	0,1	258,2	198,9
Nov.14	28,0	75%	3,9	240,8	274,3
Dez.14	28,1	73%	0,0	265,0	252,5
Jan.15	27,9	73%	9,0	334,9	255,2
Fev.15	27,4	76%	82,2	174,4	160,2
Mar.15	26,9	85%	29,4	83,9	169,2
Abr.15	26,8	86%	42,0	57,1	185,7
Mai.15	27,3	80%	2,5	109,5	254,6
Jun.15	26,7	75%	7,5	126,1	241,4
Jul.15	26,8	76%	37,0	150,1	256,3
Ago.15	27,2	72%	0,0	192,6	300,3

Fonte: Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional do INMET no período experimental, Parnaíba/ PI.

3.1.2 Voucher de *Varronia curassavica* cultivada no Piauí

Exsicata de material botânico utilizado foi depositada no Herbário Irina Delanova De Gemtchujnicov, sob voucher BOTU 32740.

3.1.3 Delineamento, instalação e condução do experimento

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x4, sendo dois os fatores adubação (com ou sem adubação) e quatro tempos de rebrota (60, 90, 120 e 150 dias após corte). O espaçamento utilizado foi de 0,60m entre plantas e 2,70m entre linhas, seguindo o padrão de espaçamento já utilizado na produção em escala (Figura 2).

Para implantação do experimento, a propagação foi realizada a partir de sementes. Os frutos foram coletados em área agrícola, no mesmo local onde foi conduzido o experimento, passando por fermentação (2 dias), despolpa manual das sementes e secagem (3 dias). As mudas foram formadas em tubetes plásticos em viveiro com tela de sombreamento 80%, onde permaneceram por 60 dias, seguidos de 15 dias em pleno sol para climatização, sendo irrigadas diariamente por sistema de microaspersão.

O substrato utilizado foi preparado no local, com utilização de material secundário (casca de fava d'anta triturada), esterco de bode curtido, carvão vegetal triturado e fosfato reativo, nas proporções 3:1:1:1, respectivamente. Este substrato é comumente utilizado no local para formação de mudas em escala.

A adubação de plantio consistiu na aplicação de composto orgânico constituído por material secundário (resíduo de processo industrial de extração de jaborandi) e esterco de galinha, na proporção de 4:1 (4 partes de material secundário para 1 parte de esterco de galinha), sendo aplicado 30 t ha⁻¹ em área total (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado de análise de material orgânico, composto orgânico utilizado no experimento, maio de 2015

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	U- 65°C	MO	C
-----**porcentagem ao natural-----								
0,6	1,5	0,7	4,1	0,3	0,2	34,0	17,0	9,0

Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
-----**mg/Kg ao natural-----						ao natural	
1056	---	3	387	18	7	15/1	7,8

Fonte: Laboratório de Fertilizantes e corretivos MAPA-SP-61453-0.

Figura 2 - Plantio de *Varronia curassavica* Jacq. em área experimental



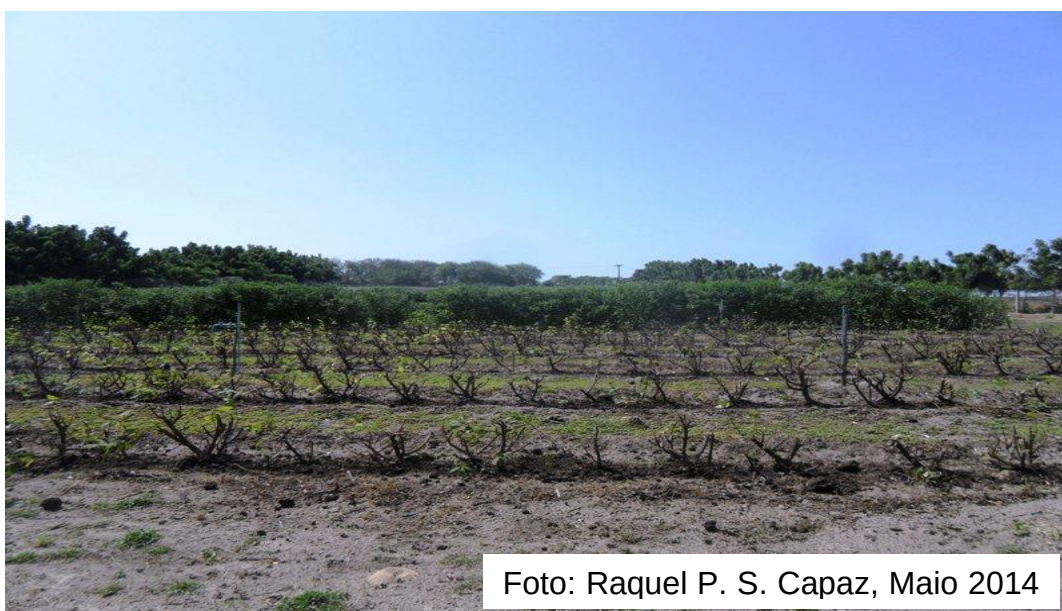
Foto: Raquel P. S. Capaz, dez. 2013

O primeiro corte foi realizado 180 dias após transplante (180 DAT) (Figura 3), com o objetivo de uniformização das plantas, sendo o material colhido descartado. A altura de corte foi padronizada em 0,30m acima do solo (Figura 4). A partir deste momento, os tratamentos de efeito de rebrota foram aplicados.

Figura 3 - Indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. com 180 DAT



Figura 4 - Corte de uniformização, estabelecido a 0,30m acima do solo



Adubações de cobertura com o composto indicado na Tabela 2 foram feitas tanto após o corte geral de uniformização, como após cada corte somente nos tratamentos com adubação. O volume aplicado foi de 10 t ha^{-1} .

Durante os meses sem precipitação pluviométrica, o experimento foi irrigado por sistema de aspersão (volume equivalente a 5 mm bruto).

Para caracterização química do solo, amostras de solo foram analisadas durante o experimento nos diferentes tratamentos do fator adubação (Tabelas 3 e 4). As

amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e encaminhadas para análise no Laboratório de Fertilidade de Solo na UNESP/ Faculdade de Ciências Agronômicas.

Tabela 3 - Resultados de análise de solo no tratamento com adubação de cobertura após cortes, maio de 2015

pH	MO	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
resina											
CaCl ₂	g/dm ³	-----mmol _c /dm ³ -----								mg/dm ³	
6,2	12	18	0	11	1,6	24	4	29	40	72	10
BORO		COBRE		FERRO		MANGANÊS			ZINCO		
-----mg/dm ³ -----											
0,32		0,2		16		4,4			1,0		

Fonte: Laboratório de fertilidade do solo, Faculdade de Ciências Agronômicas/ UNESP, Botucatu/ SP.

Tabela 4 - Resultados de análise de solo no tratamento sem adubação de cobertura após cortes, maio de 2015

pH	MO	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
resina											
CaCl ₂	g/dm ³	-----mmol _c /dm ³ -----								mg/dm ³	
5,1	11	11	0	19	1,8	18	5	25	44	57	9
BORO		COBRE		FERRO		MANGANÊS			ZINCO		
-----mg/dm ³ -----											
0,22		0,1		31		7,9			1,7		

Fonte: Laboratório de fertilidade do solo, Faculdade de Ciências Agronômicas/ UNESP, Botucatu/ SP.

3.1.4 Colheita, extração e análise do óleo essencial

Para obtenção das amostras a serem avaliadas (produtividade em biomassa e teor de alfa-humuleno), a altura de corte foi padronizada conforme altura praticada na produção em escala (0,30m acima do solo). As colheitas foram realizadas a partir do corte de uniformização seguindo os diferentes tempos de rebrota, estabelecidos como 60 dias após corte, 90 dias após corte, 120 dias após corte e 150 dias após corte.

A extração do óleo essencial foi realizada imediatamente após cada colheita, por arraste a vapor, em equipamento em aço inoxidável (Linax D 20). O tempo de extração foi padronizado em duas horas.

As análises de determinação de teor de alfa-humuleno foram realizadas por Cromatografia Gasosa (CG) no laboratório de Controle de Qualidade do Grupo Centroflora. Os equipamentos utilizados foram CG 7890 B, com amostrador GC Sampler 80 e detector FID Agilent.

3.1.5 Características avaliadas

As características avaliadas foram produtividade de biomassa fresca ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) no óleo essencial.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados por teste de média (parâmetros qualitativos) e análises de regressão (parâmetros quantitativos) através do programa Assistat 7.7.

3.2 Experimento II - Efeito de rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em *Varronia curassavica* Jacq. cultivada em Botucatu, São Paulo

3.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área agrícola do Grupo Centroflora em Botucatu/SP, no período de dezembro de 2015 a maio de 2016, em condições de campo (Figura 5).

As coordenadas geográficas locais são: 22° 57' 27,4" S e 48° 31' 28,8" O, com altitude de 832 metros.

Figura 5 - Localização do experimento em Botucatu, SP, destacado no perímetro com contorno na cor laranja



O clima de Botucatu é descrito como clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e secas no inverno (CUNHA; MARTINS, 2009). Os dados meteorológicos foram cedidos pela UNESP, FCA, Departamento de Engenharia Rural (Tabela 5).

Tabela 5 - Dados de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), evaporação (mm) e insolação (horas décimos) no período de realização do experimento

Mês/Ano	Temperatura do ar (Média em $^{\circ}\text{C}$)	Umidade relativa média (%)	Precipitação mensal (mm)	Evaporação mensal (mm)	Insolação total (Horas décimos)
Dez. 2015	23,3	78,4	298,5	116,4	118,45
Jan. 2016	20,7	81,8	492,1	142,8	183,20
Fev. 2016	22,0	80,6	367,1	137,8	157,00
Mar. 2016	20,7	81,4	134,3	153,7	212,30
Abr. 2016	21,3	68,9	29,1	128,8	237,91
Mai. 2016	18,0	73,4	145,9	71,1	182,9

3.2.2 Voucher de *Varronia curassavica* Jacq. cultivada em Botucatu

Exsicata de material botânico utilizado foi depositada no Herbário Irina Delanova De Gemtchujnicov, sob voucher BOTU 32739.

3.2.3 Delineamento, condução do experimento e extração de óleo essencial

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 blocos. As colheitas foram realizadas 60, 90, 120 e 150 dias após corte inicial de uniformização.

O experimento foi realizado a partir de população previamente existente, com plantas adultas, com 2 anos e três meses de idade, sendo espaçamento entre plantas e entre linhas de 0,60m x 1,80m.

A população de plantas não recebeu irrigação durante seu desenvolvimento e experimento. Não houve aplicação de adubação.

Para caracterização química do solo, amostra de solo foi analisada (Tabela 6). A amostra de solo foi coletada na profundidade de 0 a 20cm e encaminhadas para análise no Laboratório de Fertilidade de Solo na UNESP/ Faculdade de Ciências Agronômicas.

Tabela 6. Resultados de análise de solo na área experimental de Botucatu, SP.
Novembro, 2016

pH	MO	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
		resina								%	
CaCl ₂	g/dm ³		-----mmol _c /dm ³ -----								mg/dm ³
5,4	20	79	0	22	0,5	44	3	47	69	68	6

BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
-----mg/dm ³ -----				
0,23	0,9	97	4,9	3,0

Fonte: Laboratório de fertilidade do solo, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu/ SP.

Foram utilizadas 10 plantas por blocos, sendo a colheita das amostras padronizada a 0,90m de altura acima do solo.

A extração do óleo essencial foi realizada imediatamente após cada colheita, por arraste a vapor, em equipamento em aço inoxidável (Linax D 20). O tempo de extração foi padronizado em duas horas.

As análises de determinação de teor de alfa-humuleno foram realizadas por Cromatografia Gasosa (CG) no laboratório de Controle de Qualidade do Grupo Centroflora. Os equipamentos utilizados foram CG 7890 B, com amostrador GC Sampler 80 e detector FID Agilent.

3.2.4 Características avaliadas

As características avaliadas foram produtividade de biomassa (t ha⁻¹) e teor de alfa-humuleno (%) no óleo essencial.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Para tal, foi utilizado o programa Assistat 7.7.

3.3 Experimento III - Composição química de populações de *Varronia curassavica* Jacq. cultivadas em Botucatu, SP e Parnaíba, PI

Para avaliação da composição química dos óleos essenciais das diferentes populações, amostras de ambos experimentos formadas a partir das coletas de rebrota de 90 dias foram armazenadas em freezer para posterior caracterização do perfil químico. As análises foram realizadas em novembro de 2016.

Para determinação do perfil químico dos óleos essenciais, as amostras foram analisadas no Instituto Agrônomo de Campinas, SP, sendo dois equipamentos utilizados. Inicialmente o cromatógrafo a gás DHIMADZU GC-2010, com autoinjeter SHIMADZU AOC-20i e detector DIC (detector por ionização de chama), equipado com coluna capilar DB-5 (J&W Scientific, 30m x 0,25mm x 0,25µm) tendo hélio como gás de arraste. No preparo das amostras para cromatografia, 1 µL de óleo essencial foi diluído em 1mL de acetato de etila. A programação utilizada foi: 60°C a 240°C, com aumento de temperatura de 3°C por minuto, Split 1/20 e vazão de gás de arraste de 1mL por minuto, com detector a 300°C e injetor a 280°C. As substâncias foram quantificadas no GC-DIC pelo método de normalização de área. A caracterização de composição dos óleos essenciais foi realizada em cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (GC-EM Shimadzu, QP-5000), operando por impacto de elétrons (70eV), coluna capilar DB-5 (J&W Scientific 30m x 0,25mm x 0,25µm, com injetor a 240°C e detector a 230°C. As análises foram conduzidas nas mesmas condições operacionais utilizadas no CG-DIC. A identificação das substâncias foi feita por comparação dos seus espectros de massas com das substâncias do banco de dados do CG-EM (Nist. 62 Library) e dos índices de retenção (IR) com Adams (2007). Os índices de retenção foram obtidos por meio de injeção de uma série de n-alcanos (C9-C25) no CG-EM, nas mesmas condições das amostras, e aplicando-se a equação de Van den Dool e Kratz (1963).

Para esta avaliação não houveram repetições e análise estatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I - Efeito da adubação orgânica e da rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno de *Varronia curassavica* Jacq. cultivada em Parnaíba, Piauí

Por intermédio da análise de variância pôde-se verificar que a interação entre os fatores adubação e tempo de rebrota não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$), o que significa que a influência de cada fator ocorreu de forma independente. Para produtividade de biomassa, a análise de variância mostrou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) entre os tratamentos de adubação. Em relação ao teor de alfa-humuleno, não houve diferença significativa para o fator tratamento de adubação (A: com adubação de cobertura e S: sem adubação de cobertura) ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno nos tratamentos de adubação e dias de rebrota.

FV	GL	Quadrados Médios	
		Produtividade	Teor de alfa-humuleno
Adubação	1	36,3842**	0,11940 ^{ns}
Tempo de rebrota	3	473,53154 --	1,47523 --
Interação adubação e Tempo de rebrota	3	4,64190 ^{ns}	0,10263 ^{ns}
Resíduo	35	2,97278	0,12193
CV (%)		12,30	15,47

-- Os tratamentos são quantitativos.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

A Tabela 8 mostra as médias de produtividade em biomassa (toneladas por hectare) e os teores de alfa-humuleno (%) encontrados.

Tabela 8 - Médias de produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno nos tratamentos considerando o fator adubação: A (com adubação de cobertura) e S (sem adubação de cobertura)

	Produtividade (t ha ⁻¹)	Teor de alfa-humuleno (%)
Tratamento A	13,15 b	2,20 a
Tratamento S	14,89 a	2,30 a
CV (%)	12,30	15,47

As médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Esperava-se que a adubação com composto orgânico aumentaria a produtividade em biomassa, o que foi verificado por autores em outras espécies de plantas medicinais. MING (1998), em pesquisa com *Lippia alba*, verificou que aumentando a dose de adubação orgânica houve incremento da biomassa produzida e por outro lado redução da concentração de óleo essencial.

COSTA et al. (2008), avaliaram o efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf), sendo dois dos tratamentos composto orgânico e esterco avícola. Não foi observado efeito dos adubos testados na relação raiz:parte aérea e teor de óleo essencial. Porém, o esterco avícola foi o que produziu melhores resultados na produção de biomassa da parte aérea, do sistema radicular e rendimento de óleo essencial.

BIASI et al. (2009) pesquisaram a resposta de *Ocimum gratissimum* à adubação orgânica com composto de esterco de carneiro, verificando a viabilidade dessa prática para o aumento no rendimento de biomassa, na quantidade e qualidade de seu óleo essencial. Houve diferença entre os tratamentos quanto ao rendimento de biomassa na primeira colheita, em relação à testemunha sem adubação, o que não ocorreu na segunda colheita. Não foram observadas grandes variações nos componentes do óleo essencial nos diferentes tratamentos.

No entanto, neste experimento, a produtividade apresentou diferença significativa, sendo maior para o tratamento que não recebeu adubação de cobertura. Este resultado pode ser atribuído ao composto utilizado, à dose do composto orgânico aplicado e/ou ao processo lento de disponibilidade de nutrientes para as plantas, ao momento de aplicação do composto. SOUZA et al. (2010a) indica o processo lento de

disponibilidade pela adubação orgânica e a lixiviação de nutrientes como fatores que podem influenciar na produtividade.

O composto orgânico utilizado, obtido a partir de material vegetal secundário (após processo industrial) apresentou relação C/N de 15/1, estando na faixa conceituada entre composto humificado (relação C/N em torno de 10/1) e composto em fase de semi-cura ou bioestabilização (relação C/N em torno de 18/1). Esta faixa é consenso entre vários autores (SILVA et al., 2009).

Costa et al. (2014) pesquisou o desenvolvimento vegetativo, o rendimento e a composição química do óleo essencial do Patchouli submetido a diferentes doses de nitrogênio no plantio e manutenção, sendo que as diferentes doses de nitrogênio aplicadas resultaram em maior produção de massa seca foliar na adubação de manutenção em relação à adubação de plantio. Este resultado sugere que além da aplicação do nitrogênio, o momento de sua aplicação interfere na produtividade.

Os adubos orgânicos são considerados fertilizantes de baixo teor de nutrientes, contendo apenas dez ou vinte por cento dos nutrientes encontrados nos fertilizantes sintéticos existentes. No entanto, têm efeito de amplo espectro, agindo nos mecanismos físicos e biológicos do solo, e exercendo importância uma vez que quando devidamente mineralizados melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo. A adição de matéria orgânica ao solo como fonte de nutrientes para as plantas tem aspectos positivos, demonstrando ser uma prática viável no incremento de produtividade (SOUZA et al. (2012b) apud. Noronha (2000).

Outro fator importante que pode ter contribuído para diminuição da produtividade de biomassa da erva-baleeira com adubação de cobertura foi a condição do pH dos solos dos tratamentos, onde observa-se que o solo sem adubação apresentou-se mais ácido (5,1) quando comparado ao solo com adubação (6,2), fato que corrobora com estudos realizados por Mendes (2015) que afirmam que a espécie em estudo possui alta tolerância e ocorrência em solos ácidos.

Apesar dos resultados nos tratamentos com adição de adubação orgânica não terem sido melhores, a adubação orgânica se mostra essencial para promover melhorias nas propriedades químicas do solo, no fornecimento e disponibilidade de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), melhorias nas condições físicas do solo e na presença de microrganismos.

Segundo GOBBO-NETO e LOPES (2007), na agricultura, a adição de nutrientes, particularmente nitrogênio, é geralmente empregada para aumentar a produção de

biomassa. No entanto, os nutrientes afetam não somente o metabolismo primário, mas também influenciam a produção de diferentes metabólitos secundários. Estes efeitos, de certo modo, não são totalmente previsíveis. Tendências podem ser reconhecidas, mas não é possível estabelecer regras sólidas e estáveis. Por outro lado, apesar da reconhecida influência no desenvolvimento vegetal, poucos estudos mostram relações entre pH ou microrganismos do solo e metabolismo secundário. Metabólitos derivados do mevalonato parecem não mostrar correlações consistentes com mudanças na disponibilidade de nitrogênio, fósforo ou potássio.

VELOSO et al. (2012) avaliaram a composição química e a fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica, não encontrando influência da adubação orgânica no teor do óleo essencial.

A Tabela 9 indica as médias de produtividade de biomassa (toneladas por hectare) e teor de alfa-humuleno (%) para os diferentes tempos de rebrota.

Tabela 9 - Médias de produtividade e teor de alfa-humuleno nos tratamentos considerando efeito de rebrota aos 60 dias, 90 dias, 120 dias e 150 dias após corte (Parnaíba/ PI, 2014)

	Produtividade (t ha ⁻¹)	Teor de alfa-humuleno (%)
60 dias	5,69	2,75
90 dias	13,17	2,06
120 dias	16,82	2,25
150 dias	20,38	1,96
CV (%)	12,30	15,47

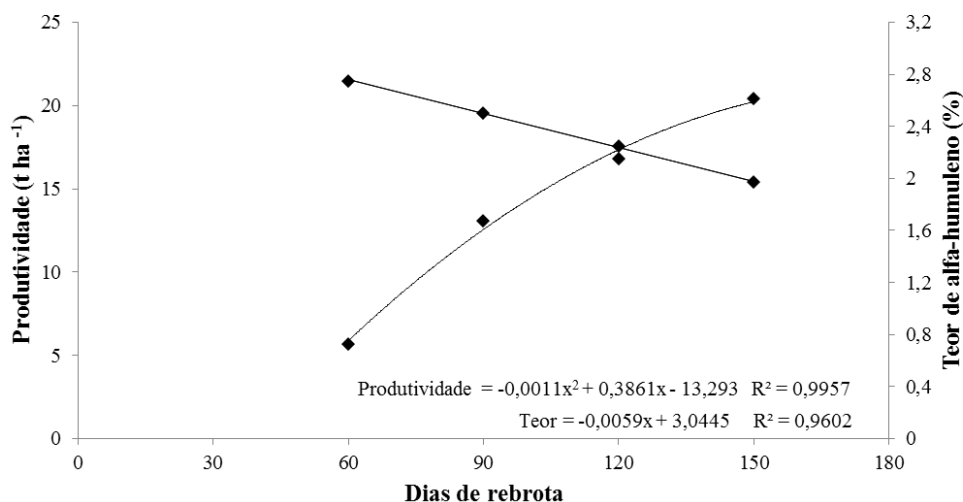
Em relação à produtividade e teor de alfa-humuleno nos diferentes tempos de rebrota, a produtividade aumentou conforme o maior tempo de desenvolvimento da rebrota. Por outro lado, os teores tiveram a tendência de diminuição, chegando a 1,96% aos 150 dias.

Os resultados sugerem que apesar do aumento de biomassa no decorrer nos dias de rebrota, há um momento em que as plantas tendem a diminuir a produção do metabólito secundário avaliado. Este resultado pode ter relação com a idade da rebrota e também com o desenvolvimento dos órgãos da planta, proporção entre folhas e caule, senescência natural das folhas, além das condições ambientais variáveis, já que o estudo foi realizado em condições de campo.

Para *Melissa officinalis*, MEIRA et al. (2011) indicou diferenças no teor de óleo essencial em diferentes tempos de rebrota, sendo o maior aos 70 dias, decrescendo linearmente até 115 dias. Sua interpretação foi que à medida que as atividades fisiológicas se encerram, a planta entra num estágio de senescência, encerrando a biossíntese de óleo essencial nas partes mais velhas, sendo necessária a emissão de novas brotações para ocorrer a produção dos óleos essenciais nas porções mais jovens da planta.

Através das médias geradas foi possível avaliar o ponto de equilíbrio entre produtividade em biomassa $t\ ha^{-1}$ e teor de alfa-humuleno (%), o que se estima que ocorreria aos 127 dias de rebrota. A linha de tendência mostrou que o ponto máximo de produtividade seria em 174 dias após corte. Contudo, neste ponto de colheita o teor de alfa-humuleno (%) demonstrou queda, sugerindo que neste ponto a colheita seria tardia do ponto de vista de produção de alfa-humuleno (Figura 6).

Figura 6 - Produtividade ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) nos diferentes tempos de rebrota em Parnaíba, PI (2014/ 2015)



Importante ressaltar que apesar do melhor teor (2,75% de alfa-humuleno) ter sido apresentado na rebrota mais jovem (aos 60 dias de rebrota), a produtividade em biomassa fresca foi muito baixa ($5,69\ t\ ha^{-1}$) podendo inviabilizar economicamente a produção agrícola a partir da necessidade de maior área de produção para a mesma quantidade de óleo essencial.

O equilíbrio entre produção de biomassa ($16,8\text{t ha}^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (2,25%) ocorreu na rebrota com idade de 120 dias, o que mostra esta condição como a recomendada para a produção em escala na produção de óleo essencial. Diante da demanda industrial pelo teor mínimo de 2,3% de alfa-humuleno, recomenda-se que em momentos onde a colheita a cada 120 dias não atinja este teor, seja adiantada a colheita de uma área paralela, de modo que a mistura de lotes de óleo essencial atenda a faixa recomendada e a padronização preconizada. Neste sentido, o planejamento agrícola e análises de qualidade são essenciais durante o processo, de modo que possam ser definidas estratégias específicas de momento de colheita conforme resultados encontrados.

4.2 Experimento II - Efeito de rebrota na produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno em *Varronia curassavica* Jacq. cultivada em Botucatu, SP

A análise de variância, através de regressão quadrática, mostrou diferença significativa para produtividade e teor de alfa-humuleno ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), nos diferentes tempos de rebrota (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade e teor de alfa-humuleno nos diferentes tempos de rebrota

FV	GL	Quadrados Médios	
		Produtividade	Teor de alfa-humuleno
Regressão quadrática	1	58948044,80**	8,93918**
Dias de rebrota	3	46050969,60 --	10,15606 --
Blocos	4	5125536,00 ^{ns}	0,03437 ^{ns}
Resíduo	12	4447972,26	0,05094
CV (%)		30,98	7,62%

-- Os tratamentos são quantitativos.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

A Tabela 11 mostra os resultados encontrados para produtividade de biomassa ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) conforme os diferentes tempos de rebrota.

Tabela 11 - Médias de produtividade e teor de alfa-humuleno nos diferentes tempos: efeito de rebrota 60 dias, 90 dias, 120 dias e 150 dias após corte (Botucatu/SP, 2016)

	Produtividade ($t\ ha^{-1}$)	Teor de alfa-humuleno (%)
60 dias	2,48	4,70
90 dias	7,45	4,21
120 dias	9,59	3,04
150 dias	7,69	3,63
CV %	30,98	7,62

A maior produtividade de biomassa ocorreu aos 120 dias de rebrota ($9,59\ t\ ha^{-1}$) e o maior teor encontrado foi aos 60 dias de rebrota (4,7% de alfa-humuleno).

Em relação à produtividade em biomassa, diante deste resultado, é favorável que o momento de colheita seja adotado a cada 120 dias de cada rebrota.

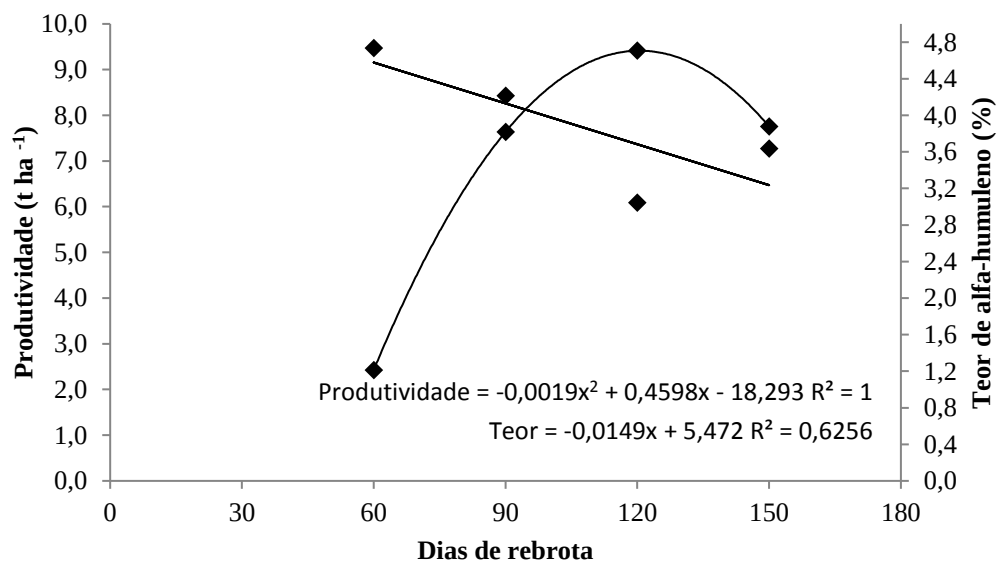
PEÑUELA (2010), avaliando o acúmulo de biomassa e produção de óleo essencial de *Lippia alba* de diferentes procedências, realizado em dois cortes (sendo o segundo obtido de rebrota de 5 meses), detectou diferença nos altos níveis de linalol na procedência Brasília 2. Neste caso, o primeiro corte (com 150 dias) apresentou 92,10% de linalol e o segundo corte (após 150 dias) apresentou 76,56% deste constituinte, o que demonstra que o fator rebrota pode interferir na produção de metabólitos secundários.

KLEHM (2011) avaliou o teor de óleo essencial e o rendimento de óleo essencial de *Otacanthus azureus* em Manaus, AM, aos 100 dias após plantio e em duas colheitas subsequentes (rebrotas) com igual intervalo. Ambos fatores apresentaram maiores valores nas plantas avaliadas no primeiro corte, diferindo estatisticamente do segundo e terceiro cortes (que não apresentaram diferenças estatísticas entre si). Neste caso, a autora indicou que o primeiro corte coincidiu com período de chuvas intensas, o segundo coincidiu com período de transição entre chuvoso e seco (poucas chuvas) e o terceiro ocorreu em período intenso de calor e sem chuvas frequentes, embora não tenha feito correlação estatística com estes fatores.

Como neste experimento a tendência de queda de teor não foi linear, a melhor produtividade em biomassa (aos 120 dias) e os bons teores de alfa- humuleno obtidos nos diferentes tempos de rebrota (todos acima de 3,0%) indicam que o fator produtividade em biomassa é relevante.

Através das médias geradas foi possível avaliar o ponto de intersecção entre produtividade em massa e teor de alfa-humuleno (%) (Figura 7). A linha de tendência mostrou um aumento de produtividade em 90 dias de rebrota. Contudo, neste ponto de colheita o teor de alfa-humuleno (%) demonstrou queda. Esta tendência se inverteu no último tempo de rebrota, quando a produtividade diminuiu e o teor aumentou.

Figura 7 - Produtividade em biomassa fresca ($t\ ha^{-1}$) e teor de alfa-humuleno (%) nos diferentes tempos de rebrota em Botucatu, SP (2016)



Avaliando qual seria o melhor tempo de rebrota, com base nos resultados de produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno, a sugestão é de que o ponto de colheita seria aos 120 dias, visto o maior resultado em produtividade de biomassa fresca ($9,59t\ ha^{-1}$), com bom teor de alfa-humuleno (3,04%).

4.3 Experimento III - Composição química de populações de *Varronia curassavica* Jacq. cultivadas em Botucatu, SP e Parnaíba, PI

A avaliação da composição química dos óleos essenciais das diferentes populações de *Varronia curassavica*, cultivadas em Botucatu-SP e Parnaíba-PI, apresentou diferenças referentes ao teor das substâncias majoritárias, não alterando o perfil cromatográfico (Tabela 12).

Tabela 12 - Composição química de óleo essencial de *V.curassavica* Jacq.

(continua)

Substâncias	IRc	IRL	Botucatu	Piauí
α -tujeno	923	930	0,9	1,3
α -pineno	931	939	33,3	54,2
Canfeno	955	954	0,1	0,3
Sabineno	969	975	0,9	1,2
β -pineno	973	979	0,3	1,9
Mirceno	986	990	0,6	0,9
β -felandreno	1024	1029	2,4	3,0
1,8 cineol	1026	1031	0,8	1,0
acetato de isobonila	1280	1285	0,4	0,5
δ -elemeno	1333	1338	0,8	2,5
α -copaeno	1371	1376	0,5	0,2
β -elemeno	1387	1389	2,7	2,8
7-epi-sesquitujeno	1401	1391	1,0	1,0

(conclusão)				
α -cis-bergamoteno	1410	1412	0,8	0,8
<i>trans</i> -cariofileno	1415	1419	26,5	14,0
β -gurjuneno	1427	1433	0,4	0,3
α -humuleno	1448	1454	4,5	3,0
<i>trans</i> - β -farneseno	1451	1456	0,3	0,3
dehidro-aromadendreno	1455	1462	7,2	2,8
γ -gurjuneno	1475	1477	3,5	1,3
Biciclogermacreno	1490	1500	3,6	0,9
β -bisaboleno	1502	1505	1,5	1,7
δ -cadineno	1517	1523	0,9	0,8
<i>trans</i> - γ -bisaboleno	1526	1531	0,7	0,6
Total de identificado			94,3	97,0

Do total de substâncias identificadas, destacaram-se transcariofileno e alfa-humuleno, ambos com valores maiores nas amostras de população de plantas de Botucatu (26,5 e 4,5) quando comparados à população de plantas de Parnaíba (14,0 e 3,0). Alfa pineno, beta pineno e gama elemeno foram maiores na amostra de Parnaíba quando comparadas com a amostra de Botucatu, sendo alfa pineno (33,3 em Botucatu e 54,2 em Parnaíba), beta pineno (0,3 em Botucatu e 1,9 em Parnaíba) e gama elemeno (0,8 em Botucatu e 2,5 em Parnaíba) (Tabela 12).

MARQUES (2016) avaliou o perfil químico de *Varronia curassavica* de diferentes acessos (entre eles o acesso utilizado neste trabalho), nas diferentes estações do ano. Os resultados deste acesso demonstraram que a produção de alfa-humuleno durante as estações de primavera, verão e inverno são estatisticamente iguais, ocorrendo decréscimo de produção somente na estação de outono. Em seu experimento, demonstrou que há diversidade química das amostras entre acessos, no entanto se

manteve nas estações para cada material genético, alterando-se somente as proporções relativas dos compostos.

A importância de não verificar grandes alterações do perfil químico do óleo essencial de diferentes áreas de cultivos está na garantia da padronização dos metabólitos secundários, facilitando a rastreabilidade do produto.

5 CONSIDERAÇÕES

Os resultados dos experimentos nos diferentes locais, Parnaíba e Botucatu, não podem ser comparados, já que não foram desenhados de forma semelhante. Contudo, mesmo que não tenhamos as mesmas variáveis e fatores de avaliação, é notada a importância de se definir o tempo de rebrota adequado, baseado no equilíbrio entre produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno, de modo que a qualidade em rendimento de teor e a viabilidade econômica estejam balanceadas.

Em relação ao efeito da rebrota na produtividade, em ambos experimentos (Parnaíba, PI e Botucatu, SP), houve a tendência de aumento de produtividade em biomassa conforme o aumento da idade da rebrota até 120 dias de rebrota.

O efeito da rebrota no teor de alfa-humuleno apresentou os maiores resultados aos 60 dias de rebrota, ponto de menor produtividade de biomassa.

Considerando os dois fatores, produtividade e teor de alfa-humuleno, assim como a recomendação na produção de óleo essencial (faixa de teor de alfa-humuleno entre 2,3 a 2,9, conforme especificação do produto comercial), sugere-se que a rebrota de 120 dias seja a de maior eficiência produtiva em ambas as localidades.

Durante os experimentos, os dados climáticos registrados mostraram variações, especialmente em Parnaíba, onde houveram concentrações de períodos de maior umidade relativa do ar entre os meses de março e maio de 2014 e 2015, assim como maior evaporação e insolação entre os meses de julho e janeiro. Estes fatores não foram avaliados separadamente, contudo podem ter afetado os níveis de alfa-humuleno e outros compostos.

Sendo conhecida a possibilidade de alterações na produção de metabólitos secundários, seja por fatores bióticos como abióticos, torna-se fundamental que as etapas de produção agrícola e do óleo essencial sejam controladas através de boas práticas agrícolas, controles de processo e realização de um planejamento estratégico, de modo que as variáveis controláveis viabilizem a produção de óleo essencial em conformidade com as necessidades do mercado.

6 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados no experimento de Parnaíba sugerem que a adubação não se mostrou fator importante no aumento de produtividade de biomassa e teor de alfa-humuleno de *Varronia curassavica*.

O ponto de equilíbrio entre produtividade em biomassa e rendimento de teor de alfa-humuleno foi próximo aos 120 dias de rebrota, o que determinou este tempo de rebrota como o mais indicado na população cultivada em Parnaíba, PI.

Na população cultivada em Botucatu foram encontrados bons teores de alfa-humuleno nos diferentes tempos de rebrota (todos acima de 3,0%), prevalecendo a importância do fator produtividade em biomassa, o qual foi maior na rebrota de 120 dias.

A composição química dos óleos essenciais das populações de *Varronia curassavica* de Parnaíba, PI e Botucatu, SP apresentou variações no conteúdo das substâncias identificadas, não alterando o perfil cromatográfico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. **Allured Publishing Corporation**, ed.4, 2007.
- ANGELY, J. 1970. **Flora Analítica e Fitogeográfica do Estado de São Paulo**. Vol. 4. São Paulo: Editora Phytton.
- ARRIGONI-BLANK, M. de F. et al. Adubação química e calagem em erva-baleeira. **Hortic. Bras. Brasília**, v.17, n.3, p. 211-214, nov. 1999.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology** 46 (2008) 446-475.
- BARREIRO, E. J. e BOLZANI, V. da S. Biodiversidade: Fonte potencial para a descoberta de fármacos. **Química Nova**, vol. 32, n.3, 679-688, 2009.
- BARROSO, I. C. E., OLIVEIRA, F. de, BRANCO, L. H. Z, KATO, E. T. M., DIAS, T. G. O gênero *Cordia* L.: Botânica, química e farmacologia. **Revista Lecta** 20:15-34. 2002.
- BAYEUX, M.C.; FERNANDES, A.T.; FOGLIO, M.A. e CARVALHO, J.E. 2002. Evaluation of the antiedematogenic activity of artemetin isolated from *Cordia curassavica*DC. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 35(10): 1229-1232.
- BETTIOL, W. e MORANDI, M. A. B. (Eds.). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. 2009.
- BIASI, L. A.; MACHADO, E. M.; KOWALSKI, A. P. J.; SIGNOR, D; ALVES, M. A.; LIMA, F. I.; DESCHAMPS, C.; CÔCCO, L. C.; SCHEER, A.P. Adubação orgânica na produção, rendimento e composição do óleo essencial da alfavaca quimiotipo eugenol. **Hortic. Bras.**, v. 27, n. 1, p.035-039, jan.-mar. 2009.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C. e REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 32, N. 3, 588-594, 2009.
- BLANK, A. F.; SILVA, A. de C.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SANTOS, W. M. dos; SANTANA, A. D. D. de. Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio. **Hortic. Brasil.**, v. 30, n. 4, dez. 2012.
- BOLINA, C. de O. Metabolismo, desenvolvimento e composição química de *Varronia curassavica* Jacq. em função da supressão da irrigação. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2015. 103p.
- BRANDÃO, D. S. Cultivo, composição química e biologia floral de *Varronia curassavica* Jacq. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais), 108 páginas, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Formulário de Fitoterápicos, Farmacopéia Brasileira**, 1ª. Ed., Brasília/ DF, 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras contra a seca (DNOCS). **Perímetro Irrigado Tabuleiros Litorâneos do Piauí**. http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/pi/tabul_litoraneos.htm. Acesso em 19/07/2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional**, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Relação Nacional de Plantas Medicinais de interesse ao SUS (RENISUS)**. <http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf>. Acesso em 12/08/2015.

BULA ACHEFLAN. *Cordia verbenacea* DC. Medicamento Fitoterápico.

CARVALHO, A. C. B. Plantas medicinais e fitoterápicos: regulamentação sanitária e proposta de modelo de monografia para espécies oficializadas no Brasil. Brasília, 2011.

CASTRO, H. G.; OLIVEIRA, L. O.; BARBOSA, L. C. de A.; FERREIRA, F. A.; SILVA, J. H. da; MOSQUIM, P. R. e NASCIMENTO, E. A. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. **Química Nova**, Vol. 27, N. 1, 55-57, 2004.

COSTA, L. C. B; ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.10, n.1, p.16-20, 2008.

COSTA, A. G.; DESCHAMPS, C.; CÔCCO, L. C.; SCHEER, A. de P. Desenvolvimento vegetativo, rendimento e composição do óleo essencial do patchouli submetido a diferentes doses de nitrogênio no plantio e manutenção. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 387 – 392, Mar./Abr. 2014.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga, Botucatu, v.14, p.1-11, jan. 2009.

FEIJO, E.V.R. da S.; OLIVEIRA, R. A. de; COSTA, L. C. do B. Light affects *Varronia curassavica* essential oil yield by increasing trichomes frequency. **Rev. bras. farmacogn.** Curitiba, v.24, n.5, p.516-523, out.2014.

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

FLORA DO BRASIL. Boraginaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB105435>. Acesso em: 05 Out. 2016.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. Monografia *Cordia verbenacea* DC. Boraginacea. **Revista Fitos**. Volume 7. N.1, Jan/Mar. 2012.

GOBBO-NETO, L. E LOPES, N. P. Plantas Medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, vol. 30, n.2, 374-381, 2007.

KLEHM, C. da S. Produção de biomassa, teor e rendimento de óleo essencial de *Otacanthus azureus* (Linden) Ronse em função da adubação orgânica e épocas de corte, em Manaus, AM. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal. Manaus, 2011.

LAPA, F. *Cordia curassavica* (JACQ.) ROEM. & SCHULT. Influência de fatores ambientais no crescimento e na produção de metabólitos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal. Florianópolis, Junho, 2006.

LORENZI, H. E MATOS, F.J.A. 2008. Plantas medicinais no Brasil. 2ª edição. Plantarum, Nova Odessa, SP.

MARQUES, A. P. da S. Produtividade e perfil químico de óleo essencial de acessos de *Varronia curassavica* Jacq. em diferentes horários de coleta e período sazonal. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Câmpus Botucatu, para obtenção do título de mestre em Agronomia (Horticultura). Botucatu, Abril, 2016.

MATTOS, S.H. Perspectivas do cultivo de plantas medicinais para a fitoterapia no Estado do Ceará. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.45-46, 2000. Suplemento. Trabalho apresentado no 40º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2000.

MENDES, A. D. R. et al. Ecogeografia de populações de erva-baleeira (*Varronia curassavica*) no Norte e Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p. 418-424, mar. 2015.

MEIRA, M. R.; MANGANOTTI, S. A.; MARTINS, E. R. Crescimento e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. nas condições climáticas de Montes Claros, MG. **Biotemas**, 24 (1): 1-8, março de 2011. v. 24, n. 1, p.1-8.

MING, L. C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. Verbenaceae. In: MING, L. C. et al. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu, UNESP, 1998. v.1, p. 165-192.

MONTANARI JUNIOR, I. Variabilidade genética em uma população de *Cordia verbenacea* DC. para características agrônômicas e fitoquímicas. 2011. 77 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas Hortícolas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MORAIS, L. A. S. de. Óleos essenciais no controle fitossanitário. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 139-152.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira** 27: S4050-4063. 2009.

PAULILO, M. T. S.; LAPA, F. S.; FALKENBERG, M. de B. Effect of light intensity and growth substratum on plant development and production of secondary metabolites in *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 417-423, jun. 2010.

PEÑUELA, L. Y. F. Acúmulo de biomassa e produção do óleo essencial de procedências de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br ex Britt. & P. Wilson, quimiotipo linalol, no município de Pinhais, Paraná. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós -Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, 2010 Curitiba, 2010. 84f.

RETAMAR, J.A. Characteristics of essential oils. **Rivista Italiana Essenze, Profumi, Piante Officinali, Aromi, Saponi, Cosmetici, Aerosol**, v.59, n.10, p.534-537, 1977. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em 07/11/2014.

RODRIGUES, F. F. G. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of essential oil from *Cordia verbenacea* DC leaves. **Pharmacognosy Research**. 2012 Jul -Sep; 4(3): 161–165.

QUEIROZ, T. B.; MENDES, A. D. R.; SILVA, J. C. R. L.; FONSECA, F. S. A.; MARTINS, E. R. Teor e composição química de erva baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) em função dos horários de coleta. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.18, n.1, supl.1, p.356-362, 2016.

SANTOS, R. P.; NUNES, E. P.; NASCIMENTO, R. F.; SANTIAGO, G. M. P.; MENEZES, G. H. A.; SILVEIRA, E. R. e PESSOA, O. D. L. Chemical Composition and Larvicidal Activity of the Essential Oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the Northeast of Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 17, No. 5, 1027-1030, 2006.

SANTOS, A. S; REHDER, V. L. G.; PIANOWSKI, L. F.; CALIXTO, J. B.; MAGALHÃES, P. M. Composição química de frações ativas de óleo essencial de *Cordia verbenacea*. 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2007.

STAPF, M. N. S. *Varronia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB105435>>. Acesso em: 05 Ago. 2015.

SILVA, F. A. de M.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 4(1):67-78, 2009.

SOUZA, R. M. et al. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n.2, p. 125-133, abr.-jun., 2010.

SOUZA, A. V. V.; SANTOS, U. S.; SILVA, F. P.; SOUZA, D. D.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, F. J. V. Produção e rendimento de óleo essencial de alecrim do tabuleiro em função da adubação orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.2, julho, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4 ed. Porto Alegre:Artmed, 2009. 819p.

VAZ, A. P. A. et al. Biomassa e composição química de genótipos melhorados de espécies medicinais cultivadas em quatro municípios paulistas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 41, n. 5, p.869-872, maio2006.

VELOSO, R. A., CASTRO, H. G. de; CARDOSO, D. P.; SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. de A.; SILVA, K. P. da. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.47, n.12, p.1707-1713, dez. 2012.