

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE FOLHAS DE
GUAÇATONGA (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*):
CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS E EXTRATOS AQUOSOS**

LUANA DO NASCIMENTO SILVEIRA DORNELES

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2022

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE FOLHAS DE
GUAÇATONGA (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*):
CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS E EXTRATOS AQUOSOS**

LUANA DO NASCIMENTO SILVEIRA DORNELES

Engenheira agrônoma

Orientador: PROF. DR. ANDRÉ LUIS DUARTE GONELI

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2022

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE FOLHAS DE GUAÇATONGA (*Casearia sylvestris*
Swartz var. *língua*); CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS E EXTRATOS AQUOSOS**

por

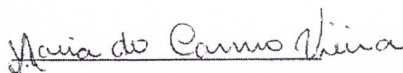
LUANA DO NASCIMENTO SILVEIRA DORNELES

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
doutora EM AGRONOMIA

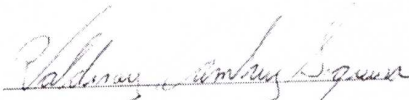
Aprovada em: 03/08/2022.



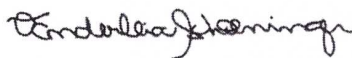
Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli
UFGD



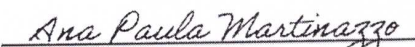
Profa. Dra. Maria do Carmo Vieira
UFGD



Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira
UFGD



Profa. Dra. Vanderleia Schoeninger
UFGD



Profa. Dra. Ana Paula Martinazzo
UFF

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

D713s Dorneles, Luana Do Nascimento Silveira

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE FOLHAS DE GUAÇATONGA (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*): CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS E EXTRATOS AQUOSOS [recurso eletrônico] / Luana Do Nascimento Silveira Dorneles. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: André Luís Duarte Goneli.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Difusividade. 2. Modelo de Midilli. 3. Plantas Medicinais. I. Goneli, André Luís Duarte. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Dedico

Ao meu esposo Jorge Dorneles Barbosa Júnior e às minhas filhas Isadora Silveira Dorneles e Livia Silveira Dorneles, por me incentivarem e me ajudarem chegar até aqui.

A todos os meus amigos e familiares, pelo apoio e compreensão. À minha mãe Nisley E. do Nascimento Silveira e ao meu pai Luiz Tércio L. da Silveira, pela parceria, carinho e, principalmente, por me ajudarem em tudo que precisei.

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

(Filipenses 4:13)

AGRADECIMENTOS

Ao grandioso e misericordioso Deus, por me permitir, executar este trabalho. À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade e auxílio concedido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo auxílio financeiro durante o período de doutorado.

Ao Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli, pela amizade, paciência e orientação durante esses anos.

Ao Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias (UFGD), pela amizade e por compartilhar seus conhecimentos.

A Prof. Dra. Claudia Andrea Cardoso pertencente à Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS), por todo ensinamento, incentivo e também por permitir a utilização do laboratório CERNA e seus equipamentos para realização de diversos testes durante a realização desse trabalho.

Aos colegas de pós-graduação, Alexandre A. Gonçalves, Karina Sarath Michels e Guilherme Cardoso Oba, pelo apoio e ajuda durante toda a condução do experimento.

Aos responsáveis pelo do Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados, Néstor Antonio Heredia Zárate e Maria do Carmo Vieira, por permitirem fazer uso de espécie estudada e pelos ensinamentos partilhados.

Por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS	
BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 1 - Cinética de secagem e seus efeitos sobre os extratos aquosos das folhas de (<i>Casearia sylvestris</i> Swartz var. <i>língua</i>).....	18
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAL E MÉTODO.....	21
2.1. DETERMINAÇÃO da razão de umidade e taxa de redução de água.....	23
2.2. Influência da temperatura.....	25
2.3. Cor.....	26
2.4. Obtenção dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga.....	26
2.5. Análise estatística.....	28
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	30
3.1. Cinética de secagem.....	30
3.2. Cor das folhas de guaçatonga.....	37
3.2.1. Coordenada “L”: Luminosidade.....	37
3.2.2. Coordenada “a”: Verde-vermelho.....	38
3.2.3. Coordenada “b”: Azul-amarelo.....	40
3.3. Análise dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga após a secagem.....	41
3.3.1. Compostos fenólicos.....	41
3.2.2. Flavonoides.....	43
3.2.3. Atividade antioxidante.....	45
4. CONCLUSÕES.....	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CAPÍTULO 2 - O efeito da secagem e do armazenamento sobre a composição química das folhas de guaçatonga (<i>Casearia sylvestris</i> Swartz var. <i>língua</i>).....	56
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
2.1. Secagem.....	59
2.2. Armazenamento.....	61
2.3. Cor.....	61
2.4. Obtenção dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga.....	62
2.5. Análise cromatográfica e identificação de compostos.....	64
2.6. Análise estatística.....	65
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	66
3.1. Cor das folhas de guaçatonga durante o armazenamento.....	66
3.1.1. Coordenada “L”: Luminosidade.....	66
3.1.2. Coordenada “a”: Verde-vermelho.....	67
3.1.3. Coordenada “b”: Azul-amarelo.....	71
3.2. Análise dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga após o armazenamento.....	75
3.2.1. Compostos fenólicos.....	75
3.2.2. Flavonoides.....	78
3.2.3. Atividade antioxidante.....	80
3.3. Análise cromatográfica e identificação dos compostos presentes no extrato aquoso das folhas de guaçatonga.....	84
4. CONCLUSÕES.....	87
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

DORNELES, Luana do Nascimento Silveira. Título: Secagem e armazenamento de folhas de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*): caracterização de folhas e extratos aquosos 93 f. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) -Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS. Orientador: André Luís Duarte Goneli.

RESUMO

Casearia sylvestris Swartz var. *língua*, popularmente conhecida como guaçatonga, apresenta propriedades antiinflamatórias, antirreumáticas, antiartríticas, cardiotônicas, antiobésicas entre outras características medicinais. As plantas medicinais, quando coletadas precisam ser secas e armazenadas de forma correta, visando preservar a qualidade dos constituintes químicos presentes permitindo a sua utilização por longos períodos além de manter sua ação terapêutica. No entanto, apesar de serem etapas essenciais para a conservação do material vegetal, quando não realizadas de forma correta podem levar a degradação dos compostos de interesse medicinal. O experimento foi conduzido no Laboratório de Propriedades Físicas de Produtos Agrícolas, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados e no Laboratório CERNA, da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Folhas de guaçatonga recém colhidas foram submetidas ao processo de secagem em um secador experimental, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C e nas velocidades do ar de secagem de 0,4 e 0,8 m s⁻¹. Aos dados de secagem foram ajustados modelos matemáticos tradicionalmente empregados para estimar as curvas de secagem de produtos agrícolas. Determinou-se ainda, a taxa de redução de água, o coeficiente de difusão efetivo, a energia de ativação e a influência das temperaturas de secagem sobre a cor e às propriedades medicinais as quais foram determinadas pelo teor total de compostos fenólicos, flavonoides e potencial antioxidante. Foi realizado o armazenamento após a secagem das folhas durante 180 dias em diferentes tipos de embalagem, e a cada 60 dias foram avaliados o efeito tempo de armazenamento e o tipo de embalagem sobre a cor e a composição química das folhas. Para as análises da composição química utilizou-se o extrato aquoso obtido a partir das folhas secas de *C. sylvestris*. Para a secagem os resultados permitiram concluir que: o modelo de Midilli representou satisfatoriamente as curvas de secagem das folhas; a elevação da temperatura e da velocidade do ar de secagem resultaram no aumento da taxa de redução de água e nos valores do coeficiente de difusão efetivo; o aumento da velocidade do ar de secagem promove elevação nas magnitudes da energia de ativação; a elevação da temperatura e da velocidade do ar de secagem proporcionou a diminuição dos teores totais de compostos fenólicos, flavonoides e DPPH. Houve influência das temperaturas de secagem bem como o período de armazenamento sobre a cor das folhas secas quando comparadas as folhas frescas. Os processos de secagem e armazenamento avaliados mantiveram os padrões de qualidade das folhas e composição química, ao longo de todo período de avaliação.

Palavras-chave: *Salicaceae*, Midilli, acondicionamento

ABSTRACT

Casearia sylvestris Swartz var. *língua*, popularly known as guaçatonga, has anti-inflammatory, anti-rheumatic, anti-arthritic, cardiogenic, anti-obese properties, among other medicinal characteristics. Medicinal plants, when collected, need to be dried and stored correctly, in order to preserve the quality of the chemical constituents present, allowing their use for long periods in addition to maintaining their therapeutic action. However, despite being essential steps for the conservation of plant material, when not carried out correctly, they can lead to the degradation of compounds of medicinal interest. The experiment was conducted at the Laboratory of Physical Properties of Agricultural Products, Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados and CERNA Laboratory, State University of Mato Grosso do Sul. Freshly harvested guaçatonga leaves were dried in an experimental dryer at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C and drying air speeds of 0.4 and 0.8 m s⁻¹. Mathematical models traditionally used to estimate the drying curves of agricultural products were fitted to the drying data. The water reduction rate, the effective diffusion coefficient, the activation energy and the influence of drying temperatures on the color and medicinal characteristics were also determined, which were determined by the total content of phenolic compounds, flavonoids and potential antioxidant. The storage was carried out after drying the leaves for 180 days in different types of packaging, and every 60 days the effect of storage time and the type of packaging on the color and chemical composition of the leaves were evaluated. For the analysis of the chemical composition, the aqueous extract obtained from the dried leaves of *C. sylvestris* was used. For drying, the results allowed us to conclude that: the Midilli model satisfactorily represented the drying curves of the leaves; the increase in temperature and drying air velocity resulted in an increase in the water reduction rate and in the values of the effective diffusion coefficient; the increase in drying air speed promotes an increase in the magnitudes of activation energy; the increase in temperature and drying air speed resulted in a decrease in the total levels of phenolic compounds, flavonoids and DPPH. There was an influence of drying temperatures as well as the storage period on the color of dry leaves when compared to fresh leaves. The drying and storage processes evaluated maintained the leaf quality standards and chemical composition throughout the evaluation period.

Keywords: *Salicaceae*, Midilli, packaging

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de plantas medicinais, é uma das práticas mais antigas e universais da espécie humana. Essa utilização deve-se ao seu potencial curativo que tem ganhado um grande destaque no cenário industrial. Por esse motivo as plantas medicinais servem como matéria-prima para a produção de diversos derivados sintéticos ou naturais, para os mais variados segmentos da indústria. Esse fato não diminui o seu uso no tratamento de enfermidades nas formas tradicionais, convencionais, e de forma caseira por meio da sua forma *in natura* (SUNTAR., 2019).

Devido a ampla diversidade de espécies vegetais, bem como a riqueza étnico-cultural, no Brasil o uso popular de plantas medicinais é muito relevante. Através do conhecimento tradicional obtido é possível a partir de estudos etnobiológicos, identificar espécies com potenciais farmacológicos (ALBUQUERQUE et al., 2018).

Pode-se destacar dentre as inúmeras variedades vegetais existentes na flora brasileira a *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*, conhecida popularmente como guaçatonga. Uma espécie que apresenta uma relevante importância devido as suas propriedades medicinais. Todas as partes da guaçatonga podem ser utilizadas para fins medicinais, e apesar do uso das folhas ser o mais conhecido, as cascas, as raízes e os frutos também são utilizados com fins terapêuticos (BUENO et al., 2020).

No geral, as principais partes utilizadas das plantas medicinais são as aéreas, como as folhas e flores. Essas estruturas possuem elevado teor de água. A água é a principal responsável pelo aumento das atividades metabólicas e mudanças químicas e físicas, que ocorrem no produto. Seja durante o seu armazenamento, ou após a coleta até o momento da sua utilização ou processamento. Desta maneira, é de fundamental importância para a manutenção da qualidade desse produto a redução de seu teor de água por meio da secagem (GONELI et al., 2014).

Em muitas regiões do país a capacidade de produção e processamento imediato de plantas medicinais é insuficiente para atender a demanda. O armazenamento permite a utilização da espécie por períodos em que é escassa ou ausente esta produção (se for o caso) permitindo o uso e a comercialização por um maior espaço de tempo (SILVA et al., 2017a). O armazenamento de materiais vegetais, quando realizado de forma inadequada, seja pelo tipo de embalagem ou pelo ambiente em que foi acondicionado, pode levar a deterioração dos princípios ativos. Essa deterioração pode ser causada pela atividade respiratória, por

ações enzimáticas ou por contaminação de microrganismos (fungos, bactérias entre outros) e pode afetar a capacidade medicinal, composição química ou aparência (cor, odor e sabor) das espécies medicinais, levando a sua inutilização. A aparência do material (cor), por exemplo, deve ser levada em consideração, pois esta característica é atribuída ao controle de qualidade, uma vez que as alterações na cor implicam diretamente na sua comercialização (ARGYROPOULOS; MÜLLER, 2014).

Dada a importância da redução do teor de água de plantas medicinais, diversos pesquisadores têm estudado a cinética de diferentes espécies visando caracterizar suas curvas de secagem. Como exemplo, tem-se as folhas de aroeira (GONELI et al., 2014), folhas de hortelã pimenta (GASPARIN et al., 2017); folhas de *Cymbopogon citratus* (GOMES et al., 2017); folhas de pata de vaca (SILVA et al., 2017); e folhas de *Hyptis suaveolens* (ALVES et al., 2017).

Portanto, o desenvolvimento de técnicas eficientes de secagem se torna essencial para que a biomassa produzida pela planta e suas propriedades químicas possam ser aproveitadas de forma integral e efetiva, principalmente devido à crescente oferta e demanda de plantas de uso medicinal. Porém, pelo fato de cada planta (espécie) possuir características específicas torna-se necessário a obtenção de informações teóricas sobre os métodos e condições de secagem para cada uma delas (SILVA et al., 2015). Tais informações são obtidas pela simulação da cinética de secagem, que é baseada na definição de uma equação matemática que pode efetivamente descrever o sistema. A solução dessas equações matemáticas é prevista para permitir a previsão dos parâmetros do processo em função do tempo em qualquer ponto do equipamento de secagem (AVHAD & MARCHETTI, 2016).

Devido a importância da *C. sylvestris* e a necessidade de informações sobre a variação de sua composição química em função de diferentes condições para se realizar a secagem das suas folhas, se faz necessário o estudo das etapas pós-colheita (secagem e armazenamento), visando a interferência desse processamento diretamente relacionada a manutenção da composição química e suas propriedades medicinais.

1.1. OBJETIVO GERAL

Objetiva-se avaliar as curvas de secagem, para diferentes condições do ar e o efeito do armazenamento, sobre a qualidade da cor das folhas e do extrato aquoso (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*) através da quantificação e identificação de marcadores químicos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar e determinar a cinética de secagem das folhas de guaçatonga para diferentes condições do ar de secagem;
- Analisar os teores de compostos fenólicos, flavonoides totais e potencial antioxidante de extratos aquosos preparados a partir das folhas de guaçatonga submetidas a diferentes condições do ar de secagem;
- Avaliar a influência do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem sobre a composição química de extratos aquosos obtidos de folhas submetidas à secagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Descrição da *C. sylvestris*, e sua importância

A *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua* pertence à família *Salicaceae* e ordem *Malpighiales*. É uma das espécies mais estudadas do gênero *Casearia* devido ao seu uso medicinal na cultura popular e suas propriedades biológicas únicas, além de possuir uma ampla distribuição no Brasil. É uma planta arbórea subarborescente, podendo chegar à 15 metros de altura. Possui folhas oblongas, elípticas, dísticas e perenes, nas suas folhas são encontrados pontos e traços translúcidos, considerados estruturas secretoras contendo óleos essenciais. As suas flores são pequenas e numerosas, de coloração esverdeada, florescendo nos meses de junho a agosto. Os frutos amadurecem a partir de setembro, prolongando-se até meados de novembro ou dezembro, segundo a localização geográfica (LORENZI e MATOS, 2008); (CARVALHO, 2007).

Esta espécie pode apresentar diversos nomes populares como guaçatonga, chá-de-bugre, erva-de-bugre, erva-de-lagarto, cafezinho-do-mato, cambroé, entre outras. É amplamente adaptável, estando distribuída desde a América do Norte à América do Sul,

ocorrendo em todos os biomas brasileiros. Com base nas diferenças morfológicas, duas variedades são declaradas por Sleumer (1980): *Casearia sylvestris* Swartz var. *sylvestris* e *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*. As duas espécies são bastante semelhantes, tanto nos aspectos botânicos, quanto na composição química. De acordo com a literatura, a espécie presente no cerrado é a *C. sylvestris* Swartz var. *língua*, enquanto a presente em regiões de Mata atlântica é a *C. sylvestris* Swartz var. *sylvestris*. No Bioma Cerrado os espécimes em sua maioria são arbustos, com folhas coriáceas de um verde mais claro com uma menor largura e comprimento. Existem indícios de que em na variedade *língua* ocorram predominantemente compostos fenólicos. Já a variedade *sylvestris* possuem altura de plantas superiores a 2 metros, e apresentam folhas verdes mais escuras maiores em largura e comprimento. Predominam em sua composição química os diterpenos clerodânicos (CLAUDINO et al., 2013; CAVALLARI, 2008; CAVALLARI et al., 2010).

Sua exploração se dá em seus ambientes de origem com diversas finalidades. Pode ser utilizada como espécie alternativa para reflorestamento, sua madeira pode ser usada na produção de carvão, e também pode ser utilizada para confecções de diversos artefatos artísticos. Porém sua maior utilidade e importância se dá as suas características medicinais. A ação farmacológica da espécie, principalmente de suas folhas, vem sendo estudada devido a sua utilização na medicina popular (MEDELLÍN-LUNA et al., 2019).

As formas de uso terapêutico das plantas são variáveis, sendo frequentemente utilizadas em preparações simples de uso tradicional e popular como chás, garrafadas, decocto, maceração, banhos, compressas e inalações. A sua utilização também pode se dar através de formulações farmacêuticas mais elaboradas desenvolvidas a partir de seus derivados, com objetivo curativo, paliativo ou profilático (BRASIL, 2014).

Na cultura popular, a preparação de chás usando as folhas dessa planta são consumidos com fins depurativos, antirreumáticos, antiartríticos, cardiotônicos, antiobésicos, diuréticos, contra moléstias da pele de origem sifilítica, para eczemas, sarnas e úlceras. A tintura, obtida de suas folhas considerando a tradição popular, e analisada sob a base científica, é usada interna e externamente contra mordeduras de serpentes (MARMITT et al., 2016).

Entre as ações descritas para esta planta, podem ser destacadas a atividade antimicrobiana, antiinflamatória, analgésica, antitumoral e antiofídica. Pode ser empregada no tratamento de doenças como herpes, sífilis e síndromes diarreicas

(PASCOALINO et al., 2020; PIERRI et al., 2017; CAMPOS et al., 2021; TIRLONI et al., 2017).

Em estudos fitoquímicos foram constatados a presença de substâncias de interesse como cumarinas, flavonoides, triterpenoides, saponinas, taninos, alcaloides, ácidos graxos, nantocianosídeos, polissacarídeos, compostos fenólicos e diterpenos entre os quais destacam-se os clerodânicos (FERREIRA et al., 2019). A atividade citotóxica sobre microrganismos e linhagens celulares tumorais indicam o potencial inibidor dessa espécie contra patógenos e como agente antitumoral.

Por possuir essa atividade antitumoral, esforços têm sido concentrados na busca de substâncias químicas dessa espécie com atividade antitumoral pela obtenção de extratos e óleo essencial através de suas folhas (CARVALHO et al., 2018; ARAÚJO et al., 2017). Ainda que estudos mais detalhados sejam necessários para a elucidação de mecanismos de ação dos componentes isolados ou de extratos da guaçatonga, esta planta está incluída entre os fitoterápicos de interesse para tratamento de pacientes no Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2010).

A guaçatonga se destaca não só pelo seu potencial farmacológico e econômico, mas também por ser uma fonte rica em metabólitos secundários. Do gênero *Casearia* foram descritos cerca de 287 metabólitos secundários, incluindo terpenóides, fenilpropanoides, flavonoides bem como os derivados do ácido elágico (XIA et al., 2015). Para este gênero merece destaque a ocorrência de compostos fenólicos, com 18 substâncias já descritas, sendo 7 delas obtidas de *C. sylvestris*, incluindo ácido elágico, ácidos 3-O-metil elágico, ácido 3,3-di-O-metil elágico, ácido 3-O-metil-3,4-metilenodioxil elágico, 3,5-dimetil éter do galato de isobutila, 3,5-dimetil éter do galato de metila e tirosol (BUENO, 2015; XIA et al., 2015).

Atualmente o consumo popular de guaçatonga pode ser feito através de algumas formas disponibilizadas no mercado. Uma delas é na forma de cápsulas, possuindo tamanhos e pesos variáveis, porém o mais usual é a de 0,5 g; na forma de tintura, que consiste na extração com álcool do princípio ativo por meio da maceração e percolação do pó da folha; na forma rasurada (folhas desidratadas) é a comumente encontrada em lojas de plantas medicinais e aromáticas, e na forma de sachês (BALZON et al., 2008).

2.2. Secagem de plantas medicinais

Os atributos físico-químicos de plantas aromáticas e medicinais são determinados em função do teor de água. Geralmente após a colheita, estas plantas

apresentam teor de água em torno de 60 a 80%, valor relativamente alto que possibilita o desenvolvimento de processos biológicos prejudiciais (POÓS & VARJU, 2017). Neste sentido, as plantas aromáticas e medicinais devem ser comercializadas, consumidas ou secas, logo após a colheita, com o objetivo de minimizar as perdas no conteúdo e na composição dos princípios ativos das plantas. Tais perdas ocorrem porque a colheita inicia um processo de degradação devido ao aumento da atividade de água (CORADI et al., 2014).

Neste sentido, visando interromper a atividade enzimática e microbiana e, consequentemente, preservar a qualidade da cultura, resultando ainda no aumento da vida de prateleira, o processo de secagem se torna uma etapa extremamente essencial, visto que consiste na remoção de água disponível até níveis seguros para que isto ocorra. Podendo contribuir ainda para a etapa de comercialização, uma vez que a secagem resulta em uma diminuição do peso e volume das plantas medicinais com efeitos positivos no transporte e armazenamento (PRUSINOWSKA & ŚMIGIELSKI, 2015; KARAM et al., 2016).

A secagem convencional, também conhecida como secagem convectiva por ar quente, é uma técnica amplamente adotada na indústria alimentícia e farmacêutica. No entanto, este processo pode alterar as estruturas das plantas, afetando os fitoquímicos por degradação térmica (MARTÍNEZ-LAS et al., 2014). A temperatura do ar de secagem depende da sensibilidade ao calor do agente ativo das plantas e da taxa de migração de umidade, quanto maior a temperatura empregada, mais rápido será o processo de secagem. No entanto, a escolha da temperatura deve ser realizada com muito cuidado, uma vez que se for muito elevada pode levar à abrasão das superfícies das folhas (POÓS & VARJU, 2017).

Além disto, a temperatura do ar de secagem é também um determinante na vaporização dos compostos voláteis que fazem parte do conjunto denominado óleo essencial, influenciando também, na pressão de vapor do ar de secagem, e consequentemente, no processo em si. Assim, é de se esperar que determinada faixa de temperatura propicie menores perdas de óleo essencial ao final do processo de secagem (BORSATO et al., 2005).

A secagem a baixas temperaturas protege contra a degradação dos constituintes ativos, mas é lenta, e os processos metabólicos envolvidos durante a secagem podem continuar por mais tempo, o que pode levar à perda de qualidade das plantas. Neste sentido, a utilização de secadores apropriados, operando com valores adequados de

temperatura e velocidade contribuem para manter a qualidade do produto final. Entretanto, quando se observa os diferentes métodos utilizados em indústrias de fitoterápicos, evidencia-se que existem várias abordagens de controle de qualidade para plantas medicinais, principalmente pelo fato de cada espécie possuir uma composição química peculiar, o que dificulta a padronização do tipo de secagem, sendo que a mesma é uma das principais razões para a qualidade heterogênea dos produtos finais (CHAO et al., 2017; ROCHA et al., 2011).

O desenvolvimento de técnicas eficientes de secagem se torna essencial para que a biomassa produzida pela planta e suas propriedades químicas possam ser aproveitadas de forma integral e efetiva, principalmente devido à crescente oferta e demanda de plantas de uso medicinal (TABALDI et al., 2012). Porém, pelo fato de cada produto possuir características específicas torna-se necessário a obtenção de informações teóricas sobre os métodos e condições de secagem para cada produto (SILVA et al., 2015). Tais informações são obtidas pela simulação da cinética de secagem, que é baseada na definição de uma equação matemática que pode efetivamente descrever o sistema. A solução dessas equações matemáticas é prevista para permitir a previsão dos parâmetros do processo em função do tempo em qualquer ponto do equipamento de secagem (AVHAD & MARCHETTI, 2016).

Neste sentido, o estudo da cinética de secagem é de grande relevância para se obter as melhores condições do processo de secagem para um determinado produto visando manter a qualidade do mesmo após a realização deste processo. Além disso, o desenvolvimento do modelo matemático para o processo de secagem é crucial, pois permite aos engenheiros projetistas não apenas escolher as condições de operação mais adequadas para a secagem efetiva, mas também dimensionar o equipamento de secagem de acordo com os parâmetros operacionais desejados (PEREA-FLORES et al., 2012).

2.3. Armazenamento de plantas medicinais

A pós-colheita de um produto agrícola é o conjunto de processos realizados visando preservar a qualidade do produto adquirida através das técnicas adequadas de cultivo para aumentar o período de conservação deste produto, dentre as quais se incluem as práticas de armazenamento

Uma vez colhida, a planta medicinal pode perder qualidade nas etapas de processamento o que torna os processos de secagem e armazenamento fundamentais para a qualidade final do produto. A secagem, quando não realizada adequadamente pode

comprometer a viabilidade da planta durante o armazenamento pois pode possibilitar a degradação de componentes químicos importantes, permitir a infestação e crescimento de microrganismos e assim comprometer o teor dos princípios ativos. O armazenamento quando realizado de forma incorreta pode levar à perda de material tanto por motivos de ordem físicos, quanto por motivos biológicos (MARTINAZO, 2006).

O armazenamento pode ser realizado de diversas maneiras de acordo com a espécie e a forma de processamento ou produto final. Cada espécie possui uma composição química singular, e pode possuir indicações específicas para que possam ser mantidas. A forma de processamento podem ser diversas, desde o produto contendo todas as suas partes (planta: raiz, caule, folhas, flores e frutos) até os extratos, pós, tinturas que podem ser obtidos através dela (OLIVEIRA NETA et al., 2019). O tipo de embalagem a ser utilizada pode ser sacos plásticos, sacos de papel, frascos plásticos, frascos de vidro entre outras. O que se deve levar em consideração é o destino final do produto e qual a sua utilização para que então possa se definir o tipo de embalagem a ser utilizada, tendo em vista que as embalagens também tem por função proteger e conter o produto para facilitar o transporte (THAM et al., 2017).

O ambiente de armazenamento é um dos fatores mais importantes a se considerar. Pode ser feito em ambientes naturais como galpões ou ambientes com temperatura e umidade relativa controladas como câmaras frias, freezers, geladeiras e salas refrigeradas (GUEDES et al., 2012).

O local deve ser seco, ventilado, protegido da luz, de insetos e de roedores. As embalagens devem permanecer levantadas do chão em estantes. Recomenda-se os seguintes critérios para a estocagem dos produtos: prédios com pisos de fácil limpeza; embalagens mantidas sobre estrados; manter distância suficiente das paredes; manter separação física entre os produtos diferentes para se evitar uma contaminação cruzada. (Furlan, 1998).

2.4. Cor

Os atributos de qualidade são índices importantes entre eles, a cor é frequentemente utilizada como complemento para a avaliação da qualidade de produtos, já que interfere na aceitação do produto seco, pelo consumidor. Portanto, torna-se fundamental a realização da análise de cor, afim de verificar o efeito da secagem sobre a qualidade do produto (ZHANG et al., 2016).

A secagem com ar quente e sob altas temperaturas causam o escurecimento dos

produtos, podendo afetar a sua composição química, e seu valor medicinal. Como regra geral, altas temperaturas de secagem e longos tempos de exposição influenciam negativamente as cores dos produtos, devido ao escurecimento enzimático ou não enzimático (MULITERNO et al., 2017).

Os principais pigmentos presentes em plantas medicinais são clorofilas e carotenoides, os quais são sensíveis às condições de secagem. A reação de escurecimento está relacionada à atividade enzimática que também são influenciadas por tratamentos térmicos, desencadeando alterações indesejáveis no sabor e aroma das plantas (CABRAL- MALHEIROS et al., 2010).

Para a descrição da cor, frequentemente utiliza-se o sistema de coordenadas de Hunter-Lab. As coordenadas obtidas são “L”, referente a luminosidade, variando de preto (zero) a branco (cem), “a”, entre o verde (-a) e o vermelho (a), e “b”, variando entre o azul (- b) e o amarelo (b) (HUNTER; HAROLD, 1987).

2.5. Compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante

Os compostos fenólicos são compostos associados a diversas atividades biológicas de plantas medicinais (CARDOSO et al., 2013). Dentre estas propriedades, pode-se destacar a atividade antioxidante, antibactericida, cardioprotetora, anti-inflamatória e fotoprotetora (TUNG MUNNITHUM et al., 2018).

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário de vegetais que apresentam grupos fenóis em suas estruturas e estão associados a questões ecológicas (CIANCIOSI et al., 2018). Os flavonoides são compostos fenólicos com dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia de 3 carbonos. Esses compostos estão relacionados com o potencial antioxidante dos substratos (CHEN et al., 2021).

Os antioxidantes são substâncias químicas que inibem, interrompem ou controlam a oxidação de um substrato. Pode ser um composto orgânico ou inorgânico. O substrato é conhecido como um substrato oxidável. Podem ser classificados de acordo com seu mecanismo de ação como primários ou secundários. Os antioxidantes primários são, por exemplo, compostos fenólicos, atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis ou reagem com radicais livres, formando o complexo lipídio-antioxidante que, por sua vez, pode reagir com outro radical livre. O átomo de hidrogênio ativo do antioxidante é sequestrado por radicais livres com maior facilidade que os hidrogênios alílicos das moléculas insaturadas. Assim, formam-se espécies

inativas para a reação em cadeia e um radical relativamente estável procedente do antioxidante. Já os antioxidantes secundários retardam a reação de autooxidação por diferentes mecanismos, que incluem complexação com metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio (ZEB, 2020).

As formas de preparo dos extratos influenciam diretamente os rendimentos obtidos de compostos fenólicos, assim como tempo de extração e temperatura (KHODDAMI et al., 2013). As condições de secagem e armazenamento do material vegetal também influenciam na quantidade destes compostos bioativos extraídos (AZEEZ et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2007).

2.6. Marcadores químicos

A *casearia sylvestris* Swartz var. *língua* e a *casearia sylvestris* Swartz var. *sylvestris* são duas variedades botânicas que têm sido consideradas bastantes similares de acordo com suas características visuais. Os limites dessas variedades com base em parâmetros morfológicos são muito tênues tornando os marcadores químicos uma importante ferramenta para diferenciação dessas espécies (BUENO et al., 2016).

Estudos realizados com *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua* indicaram a presença de compostos principalmente dos tipos flavonoides e compostos fenólicos, dentre os quais é possível citar o ácido elágico, ácido gálico, quercetina e o ácido ferúlico, que podem ser apontados como marcadores químicos. Os flavonoides são usados intensamente como marcadores químicos em espécies medicinais (CARVALHO et al., 2021).

O ácido elágico possui baixa toxicidade e exerce atividade antioxidante por meio da redução de espécies reativas de oxigênio e pela estimulação da via das pentoses, a qual é responsável pela regeneração celular, por produzir ácidos graxos e ribose 5-fosfato. Apresenta propriedades como antígeno tóxica, anti-inflamatória, anti-úlceras e antifúngica (VATTEM e SHETTY, 2004). O ácido gálico é um composto fenólico que atua retardando ou inibindo os efeitos oxidativos dos radicais livres nas moléculas orgânicas, a sua presença pode melhorar teores de hiperglicemia, diminuindo a resistência à insulina (BRITO et al, 2022). A quercetina é encontrada em diversas espécies medicinais e possui efeito anticancerígeno, antialérgico, antiviral, antiprotzoário, antimicrobiano e anti-inflamatório (ZUANAZZI, MONTANHA e ZUCOLOTTI, 2016). O ácido ferúlico é um composto fenólico com propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória e que possui

principalmente alto potencial antioxidante (COGHE et al., 2004).

Os marcadores químicos são comumente encontrados nas folhas, caules, cascas dos caules e raízes. A possibilidade que eles permitem em relação a sua determinação, diferenciação específica entre espécies e suas propriedades medicinais, fazem com que a sua identificação seja de extrema importância para a condução de diversos estudos (BUENO et al., 2015).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P; PATIL, U; MÁTHÉ, Á. Medicinal and Aromatic Plants of South América. **Medicinal and Aromatic Plants of the World**, edição 2018 Doi:10.1007/978-94-024-1552-0

ALVES, J. J. L; RESENDE, O; OLIVEIRA, D. E. C. de; BRANQUINHO, N. A. A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017. Doi: 10.1590/1983-084X/0013

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Farmacopeia Brasileira**. Anvisa, 2010.

ARAÚJO, É. J. F; ALMEIDA, A. A. C; SILVA, O. A; COSTA, I. H. F; REZENDE-JÚNIOR, L. M; LIMA, F. C. A; FERREIRA, P. M. P. Behavioral effects induced by antitumor cleronade diterpenes from *Casearia sylvestris* and in silico interactions with neuron receptors. **Journal of Ethnopharmacology**, v.198, p. 460–467, 2017. Doi:10.1016/j.jep.2017.01.00

ARGYROPOULOS, D; MÜLLER, J. Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 1, n. 1, p. e15–e22, 2014. Doi:10.1016/j.jarmap.2013.12.001

AVHAD, M. R.; MARCHETTI, J. M. Mathematical modelling of the drying kinetics of Hass avocado seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 91, p.76–87, 2016. Doi: 10.1016/j.indcrop.2016.06.035

AZEEZ, L; ADEBISI, S. A; OYEDEJI, A. O; ADETORO, R. O; TIJANI, K. O. Bioactive compounds contents, drying kinetics and mathematical modelling of tomato slices influenced by drying temperatures and time. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, p. 120-26, 2019. Doi:10.1016/j.jssas.2017.03.002

BALZON, D. R; SANTOS, A. J. DOS, CORRÊA JUNIOR, C; BITTENCOURT, A. M; SILVA, A. N. DA. Cadeia produtiva do chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*) na região metropolitana de Curitiba – Paraná. **Floresta**, v. 38, n. 4, 2008. Doi:10.5380/ufv.38i4.13157

BORSATO, A. V; DONI FILHO, L; AHRENS, D. C. Secagem da camomila *Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert com cinco temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.2, p. 77-85, 2005.

BUENO, P. C. P; ABARCA, L. F. S; ANHESINE, N. B; GIFFONI, M. S; PEREIRA, F. M.V; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Intraspecific Chemical Variability and Biological Activity of *Casearia sylvestris* from Different Brazilian Biomes. **Planta Medica**, v.87, p.148-159, 2020. Doi:10.1055/a-1301-0183

BUENO, P. C. P; PASSARELI, F; ANHESINE, N. B; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Flavonoids from *Casearia sylvestris* Swartz variety *lingua* (*Salicaceae*). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 68, p. 23-26, 2016. Doi:10.1016/j.bse.2016.06.002

BUENO, P. C. P; PEREIRA, F. M. V; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Development of a comprehensive method for analyzing clerodane type diterpenes and phenolic compounds from *Casearia sylvestris* Swartz (*Salicaceae*) based on ultra high performance liquid chromatography combined with chemometric tools. **Journal of Separation Science**, v. 38,

n. 10, p. 1649-1656, 2015. Doi:10.1002/jssc.201401421

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **RESOLUÇÃO - RDC Nº 10, DE 9 DE MARÇO DE 2010.** 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 26, de 13 de maio de 2014.** 2014. 34p

BRITO, F. C. R; RODRIGUES, P. A. S; LIRA, S. M; PAREDES, P. F. M; CANABRAVA, N. V; SILVA, J. Y. G. Effects of *Cnidioscolus quercifolius* Pohl leaves extracts on glucemia reduction in diabetic mice. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16159-16174, 2022. Doi:10.34117/bjdv8n3-044

CABRAL-MALHEIROS, G; HECKTHEUER, L. H. R.; CANTO, M. W; BALSAMO, G. M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 654–660, 2010. Doi:10.1590/s0103-84782010005000028

CAMPOS, J. L. A; ALBUQUERQUE, U. P. Indicators of conservation priorities for medicinal plants from seasonal dry forests of northeastern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 121, 106993, 2021. Doi:10.1016/j.ecolind.2020.106993

CAVALLARI, M. M; MONTEIRO, M; PAVANELLI, J. C. Hibridação entre as variedades de *Casearia sylvestris* Sw. (*Salicaceae*): evidências a partir do gene matK. **Anais sbg**, 2008. Disponível em: <http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/pdfs2010/GP067-32678.pdf>

CAVALLARI, M. M; GIMENES, M.A; BILLOT, C; TORRES, R.B; ZUCCHI, M.I; CAVALHEIRO, A.J. Population genetic relationships between *Casearia sylvestris* (*Salicaceae*) varieties occurring sympatrically and allopatrically in different ecosystems in south-east Brazil. **Annals of Botany**, v.106, n. 4, p.627–636, 2010. Doi:10.1093/aob/mcq151

CARDOSO, C. A. L; COELHO, R. G; HONDA, N. K; POTT, A; PAVAN, F. R; LEITE, C. Q. F. Phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial and antimycobacterial activities of *Serjania erecta* Radlk. (*Sapindaceae*). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, n. 4, p. 775-782, 2013. Doi:10.1590/S1984-82502013000400017

CARVALHO, F. A; SILVA, B. C; AGUILAR, P. P; ODA, F. B; JUNIOR, J.C. P; CREVELIN, E. J; CROTTI, A. E. M; SANTOS, A. G. In Vitro Schistosomicidal Activities of the Leaf Extracts from *Casearia sylvestris* Varieties. **Chemistry & Biodiversity**, v. 19, n. 2, 2021. Doi: 10.1002/cbdv.202100948

CARVALHO, F. A; AGUILAR, P. P; ODA, F. B; UCHINA, H. S; TININIS, A. G; CREVELIN, E. J; CROTTI, A. E. M; SANTOS, A. G. Chemical variability between different organs of the medicinal plant *Casearia sylvestris*. **Revista de Ciencias Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 39 n. 639, 2018.

CARVALHO, P. E. R. **Cafezeiro-do-mato Casearia sylvestris**. Circular técnica, EMBRAPA, 2007.

CHEN, L; CAO, H.; HUANG, Q; XIAO, J; TENG, H. Absorption, metabolism and bioavailability of flavonoids: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-13, 2021. Doi:10.1080/10408398.2021.1917508

CIANCIOSI, D; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y; AFRIN, S; GASPARRINI, M; ROBOREDO-RODRIGUEZ, P; MANNA, P. P.; ZHANG, J; LAMAS, L. B.; FLÓREZ, S. M; TOYOS, P. A; QUILES, J. L; GIAMPIERI, F; BATTINO, M. Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. **Molecules**, v. 23, e 2322, 2018. Doi:10.3390/molecules23092322

COGHE, S; BENOOT, K; DELVAUX, F; VANDERHAEGEN, B; DELVAUX, F. R. Ferulic Acid Release and 4-Vinylguaiaicol Formation during Brewing and Fermentation: Indications for Feruloyl Esterase Activity in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, v. 3, p.602–608, 2004. Doi:10.1021/jf0346556

CORADI, P. C; MELO, E. C; ROCHA, R. P. Evaluation of electrical conductivity as a quality parameter of lemongrass leaves (*Cymbopogon Citratus* Stapf) submitted to drying process. **Drying Technology**, v.32, p. 969–980, 2014. Doi: doi.org/10.1080/07373937.2013.879593

CHAO, J; DAI, Y; CHENG, H; LAM, W; CHENG, Y; LI, K; PENG, W.H; PAO, L; HSIEH, M; QIN, X; LEE, M. Improving the concentrations of the active components in the herbal tea ingredient, uraria crinita: the effect of post-harvest oven-drying processing. **Scientific Reports**, v.7, p.38763, 2017. Doi: 10.1038/srep38763.

CLAUDINO, J. C; SACRAMENTO, L. V. S. D; KOCH, I; SANTOS, H. A; CAVALHEIRO, A. J; TININIS, A. G; SANTOS, A. G. D. Evaluation of morpho-anatomical and chemical differences between varieties of the medicinal plant *Casearia sylvestris* Swartz. **Anais Da Academia Brasileira de Ciências**, v 85, n. 4, p.1253–1265, 2013. Doi:10.1590/0001-3765201393812

FERREIRA, P. M; SANTOS, D. B; SILVA, J. DO N; GOUDINHO, A. F; SILVA RAMOS, C. L; CANTERI DE SOUZA, P; PESSOA, C. Toxicological findings about an anticancer fraction with casearins described by traditional and alternative techniques as support to the Brazilian Unified Health System (SUS). **Journal of Ethnopharmacology**, 112004, 2019. Doi:10.1016/j.jep.2019.112004

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017. Doi: 10.5935/1806-6690.20170028

GOMES, N. H. F; SILVA NETO, H. C. DA; ALVES, J. J. L; RODOVALHO, R. S; SOUSA, C. M. Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Engvista**, v. 19, n. 2, p. 328-338, 2017. Doi:10.1590/1807-1929

GONELI, A. L. D; VIEIRA, M. C; BENITEZ, H. DA C. V; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014. Doi:10.1590/S1983-40632014000100005

GUEDES, R.S; ALVES, E.U; BRUNO, R. L; GONÇALVES, E.P; COSTA, E. G; MEDEIROS, M.S. Armazenamento de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.14, n.1, p.68-75, 2012. Doi:10.1590/S1516-05722012000100010

KARAM, M. C; PETIT, J; ZIMMER, D; DJANTOU, E. B; SCHER, J. Effects of drying and

grinding in production of fruit and vegetable powders: a review. **Journal of Food Engineering**, v.188, p.32–49, 2016. Doi: 10.12691/ajfn-6-2-3

KHODDAMI, A; WILKES, M. A; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules**, v. 18, p.2328-2375, 2018. Doi:10.3390/molecules18022328

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2008. 544p.

MARMITT, D. J; BITENCOURT, S. SILVA, A. C; REMPEL, C; GOETTERT, M. I. Scientific production of plant species included in the Brazilian national list of medicinal plants of interest to the unified health system (RENISUS) from 2010 to 2013. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v.8, n. 2, p.123–1322 2016.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade das folhas de *Cymbopogon citratus* (D. C) Stapf**. 2006. 140p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Viçosa- Viçosa, MG.

MARTÍNEZ-LAS, R. H; HEREDIA, A; CASTELLÓ, M. L; ANDRÉS, A. influence of drying method and extraction variables on the antioxidant properties of persimmon leaves. **Food Bioscience**, v.6, p.1–8, 2014. Doi:10.1016/j.fbio.2014.01.002

MEDELLÍN-LUNA, M. F; CASTAÑEDA-DELGADO, J. E; MARTÍNEZ-BALDERAS, V. Y; CERVANTES-VILLAGRANA, A. R. Medicinal Plant Extracts and Their Use As Wound Closure Inducing Agents. **Journal of Medicinal Food**, p. 1-9, 2019. Doi:10.1089/jmf.2018.0145

MULITERNO, M. M; RODRIGUES, D; DE LIMA, F. S; IDA, E. I; KUROSZAWA, L. E. Conversion/degradation of isoflavones and color alterations during the drying of okara. **LWT**, v.75, p. 512–519, 2017. Doi:10.1016/j.lwt.2016.09.031

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2008. 544p.

OLIVEIRA, H. B. DE M; BASTOS, I. **Plantas Medicinais e Aromáticas: do Cultivo ao Fitoterápico**. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2017. 239p.

OLIVEIRA NETA, F. B; SILVA, M. G; MEDEIROS, A. C; MARACAJA, P. B; ARAUJO, A. R; SOUSA, P. E. C; MELO, E. R; LINHARES, R.S. As plantas medicinais no contexto agroindustrial INTESA – **Informativo Técnico do Semiárido** (Pombal-PB), v.13, n 1, p. 33-39, 2019.

PEREA-FLORES, M. J; GARIBAY-FEBLES, V; CHANONA-PÉREZ, J. J; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V; PALACIOS-GONZÁLEZ, E; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F. Mathematical modelling of castor oil seeds (*Ricinus communis*) drying kinetics in fluidized bed at high temperatures. **Industrial Crops and Products**, v.38, p.64–71, 2012. Doi: 10.1016/j.indcrop.2012.01.008

PASCOALINO, S. D; LÜDTKE, D. D; HEYMANNS, A. C; SALM, D; COSTA, D. M; MARTINS, D. F; PIOVEZAN, A. P. Antihyperalgesic effect of exercise is augmented by the oral pretreatment with extract of *Casearia sylvestris* in an animal model of osteoarthritis.

Journal of Orthopaedics, Trauma and Rehabilitation, 221049172093561, 2020. Doi:10.1177/2210491720935614

PIERRI, E. G; CASTRO, R. C; VIZIOLI, E. O; FERREIRA, C. M. R; CAVALHEIRO, A. J; TININIS, A. G; SANTOS, A. G. Anti-inflammatory action of ethanolic extract and clerodane diterpenes from *Casearia sylvestris*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, n. 4, p. 495–501, 2017. Doi:10.1016/j.bjp.2016.12.008

POÓS, T; VARJU, E. Drying characteristics of medicinal plants. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, v.8, n.1, p.83–91, 2017. Doi:10.1556/1848.2017.8.1.12

PRUSINOWSKA, R; ŚMIGIELSKI, K. Losses of essential oils and antioxidants during the drying of herbs and spices. A review. **Journal of Engineering Science and Technology**, v.2, n.17, p.51–62, 2015. Doi: 10.15611/nit.2015.2.05

ROCHA, R. P; MELO, E. C; RADÜNZ, L. L. Influence of drying process on the quality of medicinal plants: a review. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.33, p.7076-7084, 2011. Doi: 10.5897/JMPRx11.001

SILVA, L. A; RESENDE, O; VIRGOLINO, Z. Z; BESSA, J. F. V; MORAIS, W. A; VIDAL, V. M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.953 963, 2015. Doi: 10.1590/1983-084X/14106

SILVA, F. P; SIQUEIRA, V. C; MARTINS, E. A. S; MIRANDA, F. M. N; MELO, R. M. Thermodynamic properties and drying kinetics of *Bauhinia forficata* Link leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 61-67, 2017. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p61-67

SUNTAR, I. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. *Phytochemistry Reviews*, v. 121, 2019. Doi:10.1007/s11101-019-09629-9

SLEUMER, H.O. Flacourtiaceae. **Floresta Neotropical**, v. 22, p. 1-499, 1980.

SRIVASTAVA, A; AKOH, C. C; YI, W; FISCHER, J; KREWER, G. Effect of storage conditions on the biological activity of phenolic compounds of blueberry extract packed in glass bottles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 2705-2713, 2007. Doi:10.1021/jf062914w

TABALDI, L. A; VIEIRA, M. C; ZÁRATE, N. A. H; SILVA, L. R; GONÇALVES, W.L. F; PILECCO, M; FORMAGIO, A. S. N; GASSI, R. P; PADOVAN, M. P. Cover crops and their effects on the biomass yield of *Serjania marginata* plants. **Ciência Rural**, v.42, n.4, p.614–620, 2012. Doi:10.1590/s0103-84782012000400006

TIRLONI, C. A. S; TRAESEL, G. K; LÍVERO, F. A. R; NETO, S. D. V; DE FARIA JUNIOR, R; PAIM, T. C; GASPAROTTO JUNIOR, A. Short-term carcinogenesis evaluation of *Casearia sylvestris*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, n. 5, p. 603–610, 2017. Doi:10.1016/j.bjp.2017.05.009

THAM, T. C; NG, M. X; GAN, S. H; CHUA, L. S; AZIZ, R; CHUAH, L. A; LAW, C. L. Effect of ambient conditions on drying of herbs in solar greenhouse dryer with integrated heat pump. **Drying Technology**, v.35, n.14, p.1721–172,2017.

Doi:10.1080/07373937.2016.1271984

TUNGMUNNITHUM, A; THONGBOONYOU, A; PHOLBOON, A; YANGSABAI, A. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. **Medicines**, v. 5, e93, 2018. Doi:10.3390/medicines5030093

VATTEM, D. A; SHETTY, K. Biological functionality of ellagic acid: a review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 29, n. 3, 2004. Doi: 10.1111/j.1745-4514.2005.00031x

XIA, L; GUO, Q; TU, P; CHAI, X. The genus Casearia: a phytochemical and pharmacological overview. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 1, p. 99–135, 2015. Doi:10.1007/s11101-014-9336-6

ZHANG, X; WANG, H. C; TANG, A.C; LIN, S.Y; TONG, H. C; CHEN, C. Y; LIU, R. S. Robust and Stable Narrow-Band Green Emitter: An Option for Advanced Wide-Color-Gamut Backlight Display. **Chemistry of Materials**, v. 28 n. 23, p. 8493–8497. Doi:10.1021/acs.chemmater.6b04107

ZEB, A. Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. **Journal of Food Biochemistry**, 2020. Doi:10.1111/jfbc.13394

ZUANAZZI, J. A. S; MONTANHA, J. A; ZUCOLOTO, S. M; SIMÕES, C. M. O; SCHENKEL, E. P; DE MELLO, J. C. P; MENTZ, L. A; PETROVICK, P. R. **Flavonoides In: Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Artmed Editora, 2016.

CAPÍTULO 1

CINÉTICA DE SECAGEM E SEUS EFEITOS SOBRE OS EXTRATOS AQUOSOS E SOBRE AS FOLHAS DE *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*

1. INTRODUÇÃO

Casearia sylvestris Swartz var. *língua* popularmente conhecida como guaçatonga é uma planta bastante comum nos biomas brasileiros. Possui uma ótima capacidade de se adaptar a diferentes ambientes e suas propriedades medicinais são provenientes de metabólitos secundários encontrados em suas folhas, flores, caule, frutos e raízes. Dentre esses órgãos, destaca-se o uso das folhas para aplicação na medicina. Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas para estudar esta espécie devido a expansão de seu uso como fitoterápico (HEYMANNS et al., 2020).

As atividades farmacológicas descritas para espécie estão relacionadas tanto ao óleo essencial, quanto aos extratos obtidos de suas folhas, os quais segundo a literatura demonstrou exercer baixa toxicidade quando administrados por via oral ou tópica *in vivo* e *in vitro* (SPÓSITO et al., 2018).

As folhas são uma das estruturas das plantas medicinais onde mais comumente se encontraram a maior concentração das propriedades terapêuticas, como é o caso da guaçatonga, embora apresente propriedades medicinais na planta inteira. Estas, normalmente, apresentam no momento da colheita, um elevado teor de água, sendo este o principal fator na conservação do material, impactando de modo negativo, visto que o excesso de água é o principal responsável pelo aumento de atividades metabólicas e mudanças químicas e físicas que podem ocorrer no produto, até o seu consumo/processamento após a colheita (GONELI et al., 2014a). Deste modo, é imprescindível a redução do teor de água das folhas de plantas medicinais por meio da secagem.

A temperatura do ar é o fator que apresenta maior influência nas alterações dos princípios ativos das folhas de plantas medicinais durante a secagem e é de fácil controle durante o processo. Outro fator que pode ser controlado facilmente durante o processo de secagem é a velocidade do ar, porém exerce menor influência sobre as curvas de secagem quando comparado à temperatura (MARTINS et al., 2018). Devido a certificação da

influência direta da temperatura do ar de secagem sobre os metabólitos secundários das plantas, os estudos avaliando os efeitos dos processos de secagem na qualidade e rendimentos se intensificaram. Além disso cada espécie medicinal possui suas particularidades devido a intervenção direta do ambiente em que está inserida, sendo necessária uma avaliação mais específica de cada uma delas (SILVA et al., 2017; MARTINS et al., 2018; GOMES et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2015).

Para que uma alta eficiência seja alcançada durante a secagem, é necessário a simulação do comportamento de cada espécie medicinal durante o processo. Tal simulação é realizada por meio de modelos matemáticos que possam representar satisfatoriamente a perda de água do produto, durante o período de secagem em função da espessura de camadas do material (BERBERT et al., 1995).

O estudo da cinética de secagem permite estimar as variáveis dependentes envolvidas no processo, que neste caso são os teores de água, considerados dependentes da temperatura e vazão específica do ar. Identificá-las e entendê-las é uma forma de melhor compreender o processo de retirada de água e, a partir do monitoramento dessas variáveis torna-se possível analisar os dados e expressar os resultados de maneira a facilitar a visualização e a compreensão do comportamento desse fenômeno. A partir desses fatores é possível realizar o ajuste de modelos matemáticos que possibilitam analisar e determinar o comportamento do sistema dinâmico do secador, procurando preservar as características naturais das plantas medicinais (PUENTE-DÍAZ et al., 2013).

Para representar as curvas de secagem de produtos agrícolas em camada delgada, existem 3 tipos de modelos matemáticos que podem ser utilizados, sendo eles os modelos teóricos, semiteóricos e os empíricos. Os modelos teóricos, normalmente consideram, além das condições externas sob as quais ocorreu a operação, os mecanismos internos de transferência de calor e massa e seus efeitos. Já os modelos semiteóricos e empíricos levam em consideração somente a resistência externa à temperatura e umidade relativa do ar de secagem (MIDILLI et al., 2002; PANCHARIYA et al., 2002).

A simulação do processo de secagem de um determinado produto é extremamente importante para o aperfeiçoamento de equipamentos já existentes, dimensionamento de novos sistemas, otimização e determinação da viabilidade comercial. Sendo tal importância ressaltada quando se trata de plantas medicinais, uma vez que se deve buscar a utilização de secadores adequados, que operem dentro de limites toleráveis de temperatura, velocidade e umidade para ar de secagem para que ao mesmo tempo em que ocorra uma redução rápida no teor de água, a qualidade dos princípios

ativos das plantas medicinais seja mantida (VILELA e ARTUR, 2008).

Durante a remoção de água do produto, é fundamental a simulação e obtenção de informações teóricas a respeito de seu comportamento, pois estes dados auxiliam no desenvolvimento ou aperfeiçoamento de equipamentos utilizados na secagem. Para a simulação, cujo princípio se fundamenta na secagem de camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que represente satisfatoriamente a perda de água do produto durante o processo de secagem.

Além disso, é importante avaliar o efeito do processo de secagem sobre a cor das folhas, pois esta característica é atribuída ao controle de qualidade, uma vez que as alterações na cor implicam na perda da qualidade comercial. A secagem quando mal executada, é uma das principais responsáveis pelas alterações de coloração do produto. A preservação do produto final após o processo de secagem é um fator que requer bastante atenção pois a sua influência é direta e varia de espécie para espécie. A sensibilidade térmica dos componentes ativos é limitante no processo de secagem (GASPARIN et al., 2017).

Sabendo que o processo de secagem pode interferir no princípio ativo das plantas medicinais, torna-se necessário maior conhecimento sobre as propriedades químicas e seus principais componentes biologicamente ativos, a fim de garantir a autenticidade e integridade da matéria prima.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a cinética de secagem de folhas de *C. sylvestris* em diferentes condições de temperaturas e velocidade do ar de secagem, ajustar modelos matemáticos aos valores experimentais de razão de umidade, determinar o coeficiente de difusão efetivo, obter a energia de ativação para a faixa de temperatura utilizada, bem como verificar o efeito dos diferentes tratamentos de secagem sobre a cor das folhas e composição química do extrato aquoso obtido através das folhas secas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em dois distintos laboratórios. As etapas de secagem e determinação de cor foram realizadas no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, que pertence à Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, MS. Foram utilizadas folhas de guaçatonga (*C. sylvestris*) colhidas no Horto de Plantas Medicinais-HPM (22°11'43.7''S e 054°56'08.5''W) da FCA/UFGD, onde a espécie já está estabelecida há mais de 10 anos. A obtenção dos extratos aquosos e a análise dos conteúdos de flavonoides e compostos fenólicos totais, além do potencial antioxidante, foram executadas no laboratório CERNA (Centro de Estudos em Recursos Naturais), pertencente a Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul.

Foram coletadas folhas frescas no período da manhã aleatoriamente sob condições de não ocorrência anterior de precipitação pluviométrica, irrigação e sem resqúcio de orvalho, com o intuito de evitar a variação no teor de água inicial das folhas. Em seguida, as folhas foram homogeneizadas e selecionadas, eliminando aquelas com incidência de doenças ou danificadas, com a finalidade de se evitar qualquer tipo de interferência no processo de secagem.

O processo de secagem foi realizado em quatro temperaturas (40, 50, 60, e 70 °C) e duas velocidades do ar de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹), totalizando assim, oito condições de secagem. Para cada condição empregada, utilizou-se aproximadamente 100 g de folhas de guaçatonga, sendo que parte do material colhido foi destinado à determinação do teor de água e a outra parte (50 g) foi submetida ao processo de secagem, em um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial 2x4.

O processo de secagem foi realizado em um secador experimental de leito fixo (Figura 1), que possui como características uma fonte de aquecimento constituída por um conjunto de resistências elétricas, totalizando 12 kW de potência, e um ventilador Siroco, da marca Ibraum, modelo VSI-160, com motor de 1 cv (GONELI et al., 2016).

A temperatura foi controlada por meio de um controlador universal de processos, da marca Novus, modelo N1200, trabalhando com controle proporcional integral derivativo (PID), e o fluxo de ar foi selecionado por meio de um inversor de frequência ligado ao motor do ventilador. O secador é dotado de um sistema que controla com precisão a temperatura do ar de secagem, e dispõe um sensor conectado a um painel de

controle, visando a obtenção de um ajuste fino e monitoramento da temperatura do ar de secagem.

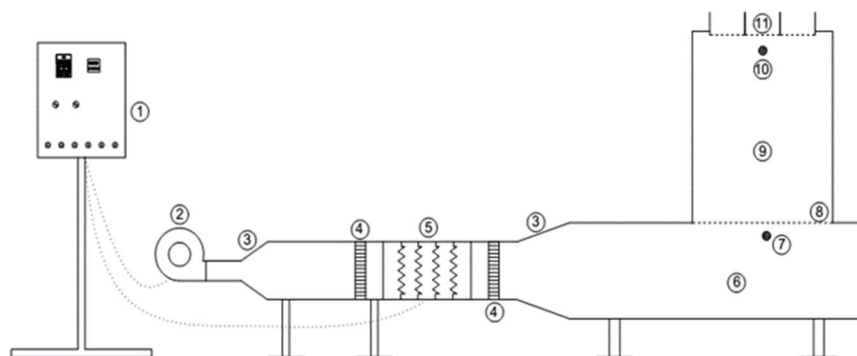


FIGURA 1. Secador experimental utilizado na secagem das folhas de guaçatonga (1- Painel de controle de temperatura e fluxo de ar; 2- Ventilador centrífugo; 3- Expansões; 4- Homogeneizadores de ar; 5. Conjunto de resistências elétricas; 6- Plenum; 7- Ponto de medição de temperatura para secagem em camada espessa; 8- Fundo telado para secagem em camada espessa; 9- Câmara de secagem em camada espessa; 10- Ponto de medição de temperatura para secagem em camada delgada; 11- Conjunto de bandejas para secagem em camada delgada).

O leito de secagem foi composto por duas bandejas de fundo telado, alocadas no interior de um secador experimental, cada uma contendo 25 gramas de produto (Figura 2). A velocidade do ar de secagem foi ajustada pela rotação do motor do ventilador, por meio do inversor de frequência, até atingir a velocidade desejada, sendo averiguada com auxílio de um termo anemômetro de pás rotativas, da marca Instrutherm, modelo TAD 500, com resolução de $\pm 0,1 \text{ m s}^{-1}$.



FIGURA 2. Composição do leito de secagem das folhas de guaçatonga *C. sylvestris*

O teor de água das amostras foi determinado pelo método gravimétrico recomendado pela ASABE (2010), para forrageiras e plantas similares, em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 1 °C, durante 24 horas. O teor de água inicial das folhas de guaçatonga, no início dos tratamentos de secagem foi de 0,9838 decimal b.s.. O processo de secagem foi realizado até que as folhas atingissem o teor de água de equilíbrio com as condições do ar de secagem empregada em cada tratamento. Entretanto, mas para fins de modelagem matemática, o teor de água final das folhas de guaçatonga, foi considerado de aproximadamente $0,10 \pm 0,01$ b.s..

Durante o processo de secagem, as bandejas com as amostras foram pesadas periodicamente. Foi utilizada uma balança digital de 0,01 g de resolução. O tempo entre as leituras foi controlado por meio da diferença de massas (conhecendo-se a massa e o teor de água inicial das folhas), de forma que não permitisse diferenças acentuadas de teor de água entre as leituras.

2.1. Determinação da razão de umidade e taxa de redução de água

A razão de umidade (RU) das folhas de guaçatonga durante a secagem nas diferentes condições de ar, foi determinada por meio da seguinte expressão:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (1)$$

Em que:

RU = razão de umidade do produto, adimensional;

U = teor de água do produto em um determinado tempo, decimal b.s.;

U_e = Teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.;

U_i = Teor de água inicial do produto, decimal b.s..

A razão de umidade é essencial para descrever diferentes modelos de secagem em camada delgada. Desta forma, os modelos tradicionalmente utilizados para descrever a cinética de secagem de produtos agrícolas foram ajustados aos valores de razão de umidade em função do tempo de secagem (Tabela 1).

TABELA 1. Modelos matemáticos ajustados às curvas de secagem de folhas de Guaçatonga

Designação do Modelo	Equação	
Aproximação da difusão	$RU = a \exp(-k \theta) + (1 - a) \exp(-k b \theta)$	(2)
Dois Termos	$RU = a \exp(-k_0 \theta) + b \exp(-k_1 \theta)$	(3)
Exponencial de dois termos	$RU = a \exp(-k \theta) + (1 - a) \exp(-k a \theta)$	(4)
Henderson e Pabis Modificado	$RU = a \exp(-k \theta) + b \exp(-k_0 \theta) + c \exp(-k_1 \theta)$	(5)
Logaritimo	$RU = a \exp(-k \theta) + c$	(6)
Midilli	$RU = a \exp(-k \theta^n) + b \theta$	(7)
Page	$RU = \exp(-k \theta^n)$	(8)
Thompson	$RU = \exp\{-a - (a^2 + 4 b \theta)^{0.5}\}/2b\}$	(9)

Em que:

θ = tempo de secagem, h;

k, k_0 e k_1 = coeficientes dos modelos, h^{-1} ; e

a, b, c e n = coeficientes dos modelos, adimensionais.

A taxa de redução de água do produto durante a secagem foi determinada pela Equação 10, que, refere-se à quantidade de água que determinado produto perde por unidade de matéria seca por unidade tempo.

$$TRA = \frac{Ma_0 - Ma_i}{MS (t_i - t_0)} \quad (10)$$

Em que:

TRA = taxa de redução de água, $kg \ kg^{-1} \ h^{-1}$;

Ma_0 = massa de água total anterior, kg;

Ma_i = massa de água total atual, kg;

MS = massa seca, kg;

t_0 = tempo total de secagem anterior, h;

t_i = tempo total de secagem atual, h.

Determinação do coeficiente de difusão efetivos coeficientes de difusão efetivo das folhas de guaçatonga para as diferentes temperaturas de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) foram calculados baseados na teoria da difusão líquida. Esta equação

é a solução analítica para a segunda lei de Fick considerando-se a forma geométrica do produto como aproximada de uma placa plana e com aproximação de oito termos.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_i=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- (2n_i + 1)^2 \pi^2 D_i \left(\frac{\theta}{4L} \right)^2 \right] \quad (11)$$

Em que:

D_i = coeficiente de difusão efetivo, $m^2 s^{-1}$;

θ = tempo de secagem, s;

L = espessura do produto, m;

n = número de termos do modelo.

Para determinação da espessura das folhas de guaçatonga, foram realizadas 50 repetições por dia de coleta de material, utilizando-se paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. Para cada folha medida, eram feitas três medições, em diferentes locais. Foi calculada a média dos valores, obtendo-se 0,5083 mm.

2.2 Influência da temperatura

Para avaliar a influência da temperatura no coeficiente de difusão efetivo foi utilizada a equação de Arrhenius, descrita a seguir:

$$D_i = D_o \exp \left(\frac{E_a}{R T_a} \right) \quad (12)$$

Em que:

D_o = fator pré exponencial;

T_a = temperatura absoluta, K;

R = constante universal dos gases, 8,314 kJ

$kmol^{-1} K^{-1}$; E_a = energia de ativação, $kJ mol^{-1}$.

2.3 Cor

A avaliação da cor das folhas de *C. sylvestris* foi realizada com o material fresco, o qual foi submetido à secagem, com diferentes temperaturas e velocidade do ar, pela leitura direta de refletância das coordenadas “L”, “a” e “b”, empregando um colorímetro de bancada com alta precisão nas medições da marca Braseq modelo Color Flex EZ com o sistema Hunter de cor, sendo “L” relativo ao branco e preto; “a”, ao vermelho e verde; e “b”, ao amarelo e azul (Figura 3).

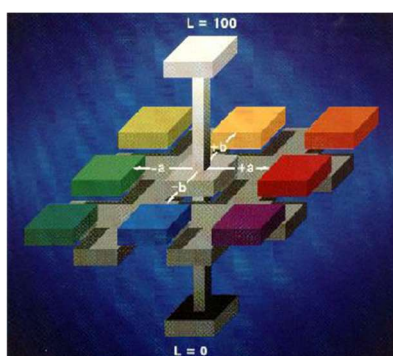


Figura 3. Representação esquemática do sistema de coordenadas de Hunter para avaliação de cor (HUNTER; HAROLD, 1987).

A calibração do colorímetro foi realizada com a aplicação em uma placa branca, utilizando os valores de referência de $L = 93,65$, $a = -5,28$ e $b = 8,56$. Para melhor caracterização da cor, foram realizadas cinco medições em cada amostra, determinando-se posteriormente a média.

2.4 Obtenção dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga

Para a preparação dos extratos aquosos, as folhas foram secas até o teor de água de equilíbrio. Posteriormente, o material foi uniformizado totalizando aproximadamente 20 gramas de folhas secas, para cada condição de tratamento.

Em 10 mL de água destilada foram adicionados 0,8 g de folhas de guaçatonga trituradas. A mistura foi extraída durante 1h em banho de ultrassom em Cuba ultrassônica da marca Cristófoli. Posteriormente as amostras maceradas por 24 h foram deixadas em contato (descanso por 24 horas), somente após esse tempo às análises para determinação dos teores de compostos fenolicos totais, flavonoides totais e do potencial antioxidante foram executadas.

Compostos fenólicos:

Para cada 100 μL do extrato, adicionaram-se 0,5 mL de reagente de Follin-Ciocalteau (1/10 v v-1) e 1 mL de água destilada, com incubação de 1 minuto. Depois adicionou-se 1,5 mL de solução aquosa de carbonato de sódio a 20% e aguardou-se por 30 minutos em local escuro. Em seguida fez-se a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 760 nm. O mesmo procedimento foi realizado para o branco, sendo substituídos 100 μL de amostra por 100 μL de água o solvente empregado na solubilização de cada amostra (DJERIDANE et al., 2006).

A concentração de compostos fenólicos foi calculada preparando-se uma curva analítica, empregando-se o ácido gálico como padrão, nas concentrações de 5 a 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$. O procedimento experimental aplicado ao padrão foi o mesmo utilizado para as amostras. Com os dados obtidos do padrão foi plotada a curva de absorbância versus concentração de ácido gálico e ajustada uma regressão linear ($a = -0,018$; $b = 0,0016$; $R^2 = 0,997$), a qual foi utilizada para calcular o teor de compostos fenólicos das amostras reais. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por g de extrato liofilizado (mg AGE g^{-1}). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Flavonoides:

A determinação de flavonoides seguiu a metodologia proposta por Djeridane *et al.* (2006). A cada 1000 μL de cada amostra foram adicionados 1000 μL de cloreto de alumínio 2%. A solução reagiu por 15 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 430 nm.

Atividade antioxidante:

Os potenciais antioxidantes foram determinados com a utilização do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil). Para isso, as amostras foram obtidas nas concentrações de 1, 10, 100, 500, 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e o DPPH a 0,004% em metanol. Para cada 100 μL da amostra em estudo foram adicionados 3000 μL da solução de DPPH. As leituras foram feitas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm após 30 minutos de reação (KUMARAN e KARUNAKARAN, 2006). As análises foram realizadas em triplicata.

A atividade sequestradora de radicais foi calculada conforme Equação 1:

$$\% \text{ redução DPPH} = \frac{\text{Abs. Branco} - \text{Abs. Amostra}}{\text{Abs. Branco}} * 100 \quad (13)$$

Em que:

Abs: absorbância

Os resultados foram apresentados em concentração inibitória mínima (IC₅₀). O IC₅₀, expressa a concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições da amostra, plotou-se a % de redução do DPPH no eixo Y e a concentração dos extratos (µg mL⁻¹) no eixo X para obter a concentração da amostra com capacidade de reduzir 50% do DPPH.

2.7. Análise estatística

Os dados experimentais de razão de umidade durante a secagem das folhas de guaçatona foram submetidos à análise de regressão não linear, pelo método Gauss-Newton. Ajustaram-se aos dados experimentais, oito modelos matemáticos para expressar a relação entre as variáveis analisadas através do programa computacional Statistica 8.0[®]. Para análise do grau de ajuste de cada modelo, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação ajustado (R²), do erro médio relativo (P) e desvio padrão da estimativa (SE), além da verificação do comportamento da distribuição dos resíduos.

Os valores de erro médio relativo (P) e desvio padrão da estimativa (SE) foram calculados conforme descrito a seguir:

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (14)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (15)$$

Em que:

N = número de observações experimentais;

Y = valor observado experimentalmente;

\hat{Y} = valor estimado pelo modelo;

GLR = graus de liberdade do modelo.

3.RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Cinética de secagem

Observa-se que os modelos ajustados aos dados experimentais apresentaram valores de coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,96 (Tabela 2).

TABELA 2. Parâmetros estatísticos dos modelos obtidos na secagem de folhas de guaçatonga.

0,4 m s ⁻¹				0,8 m s ⁻¹		
40 °C						
Modelos	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)
2	0,0048	1,4057	0,9997	0,0131	3,6310	0,9981
3	0,0200	13,1954	0,9975	0,0396	20,7652	0,9832
4	0,0208	14,3981	0,9944	0,0397	21,9082	0,9823
5	0,0419	27,2213	0,9989	0,0641	19,2037	0,9683
6	0,0035	1,5178	0,9998	0,0098	4,3546	0,9990
7	0,0039	1,6226	0,9998	0,0096	3,5358	0,9990
8	0,0133	7,7975	0,9977	0,0259	10,8563	0,9925
9	0,0208	14,4007	0,9944	0,0397	21,9091	0,9823
50 °C						
2	0,0146	6,3997	0,9976	0,0357	16,0513	0,9863
3	0,0248	11,6139	0,9935	0,0329	14,7051	0,9889
4	0,0559	30,2273	0,9645	0,0573	29,3930	0,9629
5	0,0587	29,2252	0,9656	0,0173	6,6055	0,9972
6	0,0149	6,9640	0,9976	0,0162	6,7361	0,9972
7	0,0126	4,3374	0,9983	0,0169	6,6572	0,9971
8	0,0164	4,1011	0,9917	0,0350	14,1877	0,9862
9	0,0338	11,4974	0,9645	0,0573	29,3920	0,9629
60 °C						
2	0,0252	8,9932	0,9952	0,0176	5,8811	0,9977
3	0,0562	21,1853	0,9795	0,0188	5,7674	0,9979
4	0,0256	10,1313	0,9943	0,0178	6,7008	0,9973
5	0,1003	31,1029	0,9664	0,0003	2,3391	0,9994
6	0,0152	6,1968	0,9982	0,0113	3,9841	0,9991
7	0,0153	4,9882	0,9985	0,0081	1,1686	0,9996
8	0,0233	7,7097	0,9953	0,0178	5,7771	0,9973
9	0,0529	23,4798	0,9758	0,0392	16,5822	0,9870
70 °C						
2	0,0460	23,8234	0,9883	0,0126	3,6021	0,9994
3	0,0529	23,7969	0,9884	0,0159	2,2969	0,9996
4	0,0423	25,1607	0,9876	0,0105	4,2215	0,9994
5	0,0591	8,6917	0,9952	0,0551	4,4174	0,9952
6	0,0292	9,2842	0,9953	0,0118	2,3917	0,9995
7	0,0310	9,0972	0,9960	0,0119	2,9272	0,9998
8	0,0419	22,9907	0,9879	0,0105	4,1114	0,9994
9	0,0545	39,5080	0,9794	0,0105	4,2227	0,9994

Observa-se que os modelos aproximação da difusão (2), Exponencial de dois termos(4) e Handerson e Pabis modificado (5) apresentaram para a maioria das condições de secagem analisadas, as maiores magnitudes para o desvio padrão da estimativa (SE). Conforme Draper & Smith (1998), o desvio padrão da estimativa indica a capacidade de um modelo descrever com fidelidade um determinado processo físico, sendo que quanto menor seu valor melhor será a qualidade do ajuste do modelo em relação aos dados observados, uma vez que este índice mede o erro cometido pelo modelo na mesma unidade física da variável estimada. Neste sentido, verifica-se que o modelo Logaritmo (6) e o de de Midilli (7) foram os únicos que atenderam os parâmetros estatísticos do índice para todas as condições analisadas.

Uma recomendação frequentemente descrita na literatura é que a magnitude do erro médio relativo (P), deve ser inferior a 10% (GASPARIN et al., 2017), visto que este valor representa o desvio dos dados observados a partir da curva estimada pelo modelo (MOHAPATRA & RAO, 2005). Deste modo, como os modelos Logaritmo e de Midilli (7) apresentaram valores de P inferiores a 10% para todas as condições de secagem, eles são capazes de representar, de maneira satisfatória, a retirada de água das folhas de guaçatonga. Porém, para descrever a influência dos tratamentos de secagem, bem como a influência dos parâmetros envolvidos no processo, optou-se por selecionar o modelo de Midilli para secagem realizada em folhas de *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*.

O fato do modelo de Midilli apresentar um ajuste satisfatório aos dados experimentais de secagem de diversas plantas medicinais está ligado, provavelmente, à rápida perda de água nos estádios iniciais do processo neste tipo de produto, gerando uma curva de secagem mais ostensiva e mais bem expressa por este modelo (GONELI et al., 2014). Este modelo foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais em trabalhos de secagem de folhas de outras espécies, como de *Hyptis suaveolens* (ALVES et al., 2017), *Mentha piperita* (GASPARIN et al., 2017), *Petroselinum crispum* Mill. (CORRÊA FILHO et al., 2018) e *Cymbopogon citratus* (GOMES et al., 2017).

O bom ajuste do modelo fica evidenciado pela proximidade dos valores experimentais em relação à curva estimada pelo modelo em todas as condições estudadas (Figuras 4 e 5), reforçando a aplicabilidade do mesmo na predição dos dados de secagem de folhas de guaçatonga para o intervalo de dados estudados.

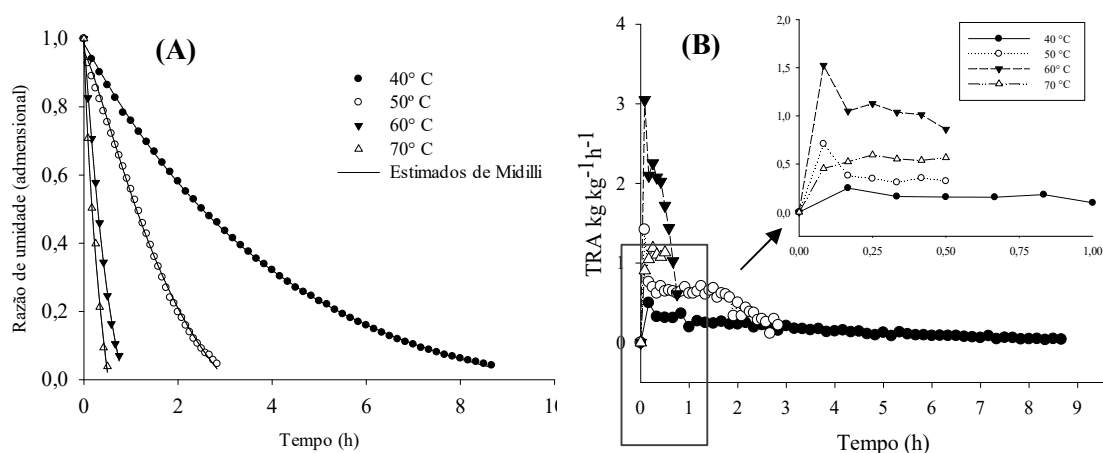


FIGURA 4. (A) Valores de razão de umidade experimentais e estimados pelo modelo de Midilli; (B) e valores da taxa de redução de água durante o processo de secagem das folhas de guaçatonga em diferentes temperaturas e velocidade do ar de secagem de $0,4 \text{ m s}^{-1}$.

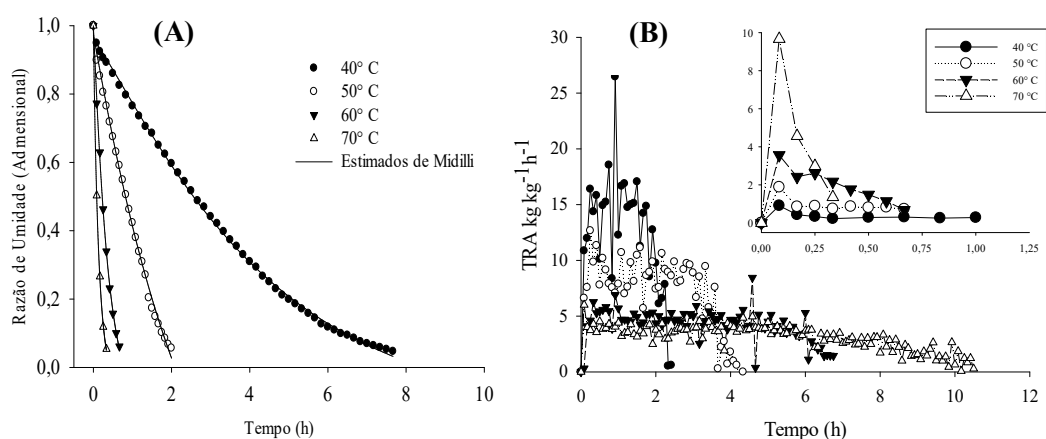


FIGURA 5. (A) Valores de razão de umidade experimentais e estimados pelo modelo de Midilli; (B) e valores da taxa de redução de água durante o processo de secagem das folhas de guaçatonga em diferentes temperaturas e velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$.

A elevação da temperatura do ar de secagem é um fenômeno que reduz o tempo de secagem devido à diferença entre a pressão parcial de vapor do ar de secagem e do produto durante a secagem (SIQUEIRA et al., 2012), o que resulta em maiores valores da taxa de remoção de água (Figuras 4 B e 5 B). Esse fenômeno é comumente observado por diversos pesquisadores em vários produtos agrícolas (MGHAZLI et al., 2018; NURAFIFAH et al., 2018; ASHTIANI et al., 2017), e ocorre devido ao aumento da temperatura do ar de secagem resultar em maiores valores da taxa de remoção de água. Observa-se que no início do processo de secagem, a remoção de água das folhas ocorreu de maneira mais acentuada que no final desse processo, independentemente da temperatura e da velocidade do ar de secagem. Isso porque, durante o processo de secagem, a água superficial é a primeira a ser evaporada, sendo afetada com maior intensidade pela velocidade do ar de secagem (Figuras 4 B e 5 B). Tal fenômeno ocorre devido ao fato que, no final da secagem, há uma maior necessidade de energia para a evaporação da água, uma vez que essa se encontra mais fortemente ligada à matéria seca (ALVES et al., 2017).

Todavia, com a remoção da água superficial, à frente de evaporação se desloca gradativamente para as camadas mais interiores do produto, de modo que, o efeito da velocidade do ar de secagem é minimizado, passando a vigorar o processo de difusão líquida (BABALIS et al., 2006), o qual é mais influenciado pela temperatura do ar de secagem.

É possível verificar ainda que, embora tenha sido menos significativo, o aumento da velocidade do ar também influenciou o comportamento das curvas de secagem, sendo que o aumento da temperatura do ar de secagem potencializou o efeito dessa variável. A elevação da temperatura e da velocidade do ar acarreta na ampliação da diferença de pressão parcial de vapor entre o ar de secagem e o produto, de modo que, a remoção de água do mesmo ocorre de maneira mais rápida e fácil (GONELI et al., 2014).

Os parâmetros do modelo de Midilli ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das folhas de guaçatonga em diferentes condições de temperatura e diferentes velocidades de secagem são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Parâmetros do modelo de Midilli para as diferentes temperaturas e velocidade de secagem das folhas de guaçatonga

Temperatura (°C)	Parâmetros do modelo de Midilli							
	0,4 m s ⁻¹				0,8 m s ⁻¹			
	a	k	n	b	a	k	n	b
40	0,9855	0,2496	1,0252	-0,0074	0,9624	0,2051	1,1133	-0,0181
50	0,9602	0,4872	1,2681	-0,0436	0,9715	0,5791	1,0653	-0,1311
60	0,9919	2,3553	1,1354	-0,1688	0,9957	2,8552	1,0811	-0,1372
70	0,999	2,3806	0,8558	-0,4929	0,9998	6,2702	0,9172	-0,1149

O parâmetro “k” reflete o efeito das condições externas de secagem como a temperatura e velocidade do ar. Os valores obtidos para este parâmetro apresentaram um comportamento definido. Esses resultados indicaram que a taxa de secagem das folhas de guaçatonga se elevou conforme o aumento da temperatura e da velocidade do ar de secagem (GONELI et al., 2016) o que significa que os seus valores foram acrescidos conforme a elevação da temperatura e da velocidade do ar de secagem. Já para os coeficientes “a”, “b” e “n” não se observou tendência alguma definida (Tabela 3).

O parâmetro “k” se relaciona com a difusividade efetiva no processo da cinética de secagem no período decrescente, onde a difusão líquida controla o processo, podendo assim ser utilizado como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura na secagem (BABALIS & BELESSIOTIS, 2004). Conforme aumenta-se a magnitude do parâmetro “k” em relação ao aumento da temperatura do ar de secagem, eleva-se também a difusividade efetiva.

Observa-se que para uma mesma temperatura do ar de secagem, na velocidade do ar de 0,8 m s⁻¹, a constante de secagem “k” sempre apresenta valores maiores que na velocidade do ar de 0,4 m s⁻¹ (Tabela 3). Isso, porque este parâmetro está associado à difusão de água durante o processo de secagem e sob maior velocidade do ar de secagem, o que acarreta em maior coeficiente de difusão das folhas de guaçatonga (Tabela 4).

TABELA 4. Magnitudes do coeficiente de difusão efetivo (D_i) folhas de guaçatonga ajustadoas diferentes condições de temperatura e velocidade do ar de secagem.

Temperatura (°C)	$D \times 10^{-11} \text{ (m}^2 \text{ s}^{-1}\text{)}$	
	0,4 m s ⁻¹	0,8 m s ⁻¹
40	0,68098	0,70946
50	1,62913	2,20613
60	6,06894	7,16308
70	10,46561	18,7406

Os valores do coeficiente de difusão efetivo obtidos durante a secagem das folhas de guaçatonga, considerando a espessura foliar média de 0,5083 mm, aumentaram com o incremento da temperatura utilizada (Tabela 4). Observa-se ainda que para uma mesma temperatura, houve aumento nas magnitudes do coeficiente de difusão efetivo com a elevação da velocidade do ar de secagem. Este comportamento pode ser atribuído ao fato de que a elevação dessa variável contribui para a rápida remoção da água superficial do produto.

Comportamento semelhante, em função da temperatura e velocidade do ar de secagem, para o D_i de folhas de plantas medicinais foi observado por Martins et al. (2018) para espécie de *Serjania marginata* Casar e Alves et al. (2017) para a espécie de *Hyptis suaveolens*.

A difusividade pode ser descrita como a facilidade com que a água é removida de determinado material, uma vez que as variações desta propriedade implicam em alterações na difusão da água nos capilares dos produtos agrícolas que, juntamente com a vibração mais intensa das moléculas de água, contribuem para uma difusão mais rápida (GONELI et al., 2014).

Baptestini et al. (2014) sugeriram que o aumento da temperatura eleva o nível de vibrações das moléculas de água no produto, contribuindo para uma difusão mais eficiente. Por sua vez, o aumento dos valores do coeficiente de difusão efetivo frente à elevação da velocidade do ar de secagem, para uma mesma temperatura, pode ser atribuído ao fato de que a elevação dessa variável contribui para a rápida remoção da água superficial do produto. Desse modo, o ar de secagem saturado que envolve o produto é mais rapidamente substituído por ar não saturado, reestabelecendo a diferença de pressão parcial de vapor entre o ar de secagem e o material, favorecendo a difusividade de água

no mesmo.

A relação entre o coeficiente de difusão efetivo de diversos produtos agrícolas e a temperatura do ar de secagem tem sido satisfatoriamente descrita pela equação de Arrhenius (ALVES et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015). A inclinação da curva da representação de Arrhenius fornece a relação E_a/R , enquanto a sua interseção com o eixo das ordenadas indica o valor de D_0 . As equações 16 e 17 apresentam os coeficientes da equação de Arrhenius ajustados para os coeficientes de difusão efetivo das folhas de guaçatonga, calculados de acordo com a equação 12.

$$D = 1,032724029 \exp \left(\frac{66,234}{RT_a} \right) \quad (16)$$

$$D = 1,057491929 \exp \left(\frac{65,571}{RT_a} \right) \quad (17)$$

A energia de ativação para a difusão da água durante a cinética de secagem das folhas de guaçatonga foi de 66,234 e 65,571 kJ mol⁻¹ para as velocidades de 0,4 e 0,8 m s⁻¹. Ao elevar a velocidade do ar de secagem houve a redução dos valores de energia de ativação, fenômeno esse observado por Alves et al. (2017) para folhas de *Hyptis suaveolens*.

A energia de ativação, segundo Kashaninejad et al. (2007), é uma barreira que deve ser ultrapassada para que o processo de difusão possa ser desencadeado no produto. Quanto menor a energia de ativação, maior será a difusividade de água no produto durante o processo de secagem, fato esse observado no presente estudo, em que ao se aumentar a velocidade do ar de secagem obtiveram-se os maiores valores de D_i (Tabela 4) e menor energia de ativação. A elevação da velocidade do ar de secagem facilita a evaporação de água do produto, o que proporciona o aumento na D_i e redução da energia de ativação (MARTINS et al., 2015).

Os valores de energia de ativação calculados para as folhas de guaçatonga foram semelhantes aos encontrados para outras folhas de plantas medicinais secas em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem, como para folhas de *Hyptis suaveolens* 62,513 e 61,289 kJ mol⁻¹ (ALVES et al., 2017), para folhas de *Morus nigra* L. 65,94 e 66,08 kJ mol⁻¹ (MARTINS et al., 2018) e para folhas de *Mentha piperita* 68,42 e 78,27 kJ mol⁻¹ (GASPARIN et al., 2017).

3.2. Cor das folhas de Guaçatonga

Pode- descrever a cor quantitativamente utilizando-se frequentemente sistemas nos quais tem-se a demonstração da cor através das coordenadas L^* , a^* e b^* , que são respectivamente a representação da luminosidade, intensidade de vermelho e verde e intensidade de amarelo e azul (MOURA, FIGUEIREDO e QUEIROZ, 2014).

3.2.1. Coordenada L^* : Luminosidade

Os valores da coordenada “L” variaram de 13,75 a 22,88 e 10,70 a 22,58 para a faixa de temperatura de 40 a 70 °C, e velocidade do ar de 0,4 e 0,8 m s⁻¹, respectivamente (Figura 6), indicando tendência ao escurecimento do produto com o aumento da temperatura de secagem, visto que o parâmetro “L” varia entre zero (preto) a cem (branco).

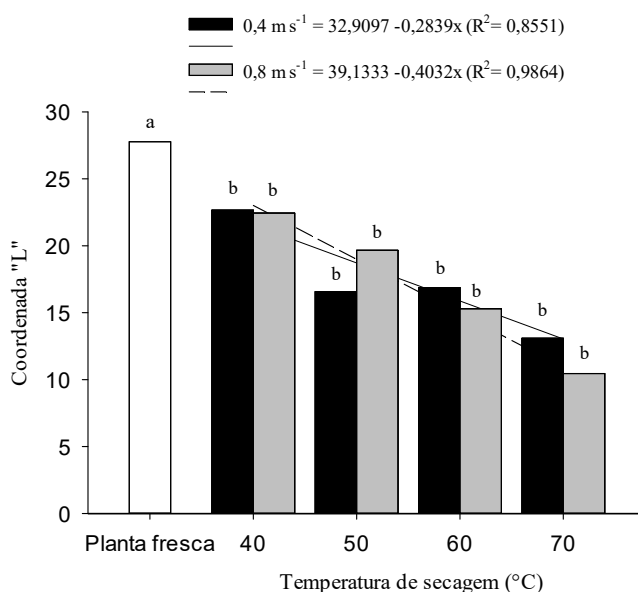


FIGURA 6. Valores de coordenada “L” no teste de cor, para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

Os tratamentos de secagem realizados a 50, 60 e 70 °C apresentaram diferença significativa entre as velocidades de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹), já os realizados a 40 °C não diferiram entre si. Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa quando comparadas a testemunha (planta fresca).

Temperaturas mais altas resultam em índices mais altos de escurecimento não enzimático (PHAM et al., 2020), portanto, a redução da temperatura de secagem pode ajudar a minimizar esse processo. Em ambas as velocidades do ar de secagem, é possível perceber que os modelos de regressão não foram significativos em relação aos tratamentos de temperatura de secagem quando comparados entre si, porém quando comparados a planta fresca, pode-se constatar o efeito negativo da temperatura na luminosidade das folhas ocorrendo a redução nos valores desta variável de cor.

O aumento da velocidade do ar de secagem proporcionou rápida remoção da água do produto, o que pode ter contribuído para um maior escurecimento na velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$. Ali et al. (2014), encontraram resultados para a coordenada “L” semelhantes a estes. Ao realizarem a secagem de folhas de *Moringa Oleifera*, observaram que o incremento da temperatura causou o escurecimento nas folhas de Moringa. Gasparin et al. (2017), ao estudarem a qualidade das folhas de hortelã pimenta (*Mentha x piperita* L.) submetidas ao processo de secagem em duas velocidades do ar ($0,3$ e $0,5 \text{ m s}^{-1}$) e cinco temperaturas ($30, 40, 50, 60$ e $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$), observaram que os valores atribuídos a coordenada “L” diminuíram conforme ocorreu o aumento da temperatura. Embora não tenham apresentado diferença estatística entre as temperaturas, a coordenada “L” difere-se das folhas frescas e das secas em todas as temperaturas, indicando que a secagem também ocasionou escurecimento das folhas de hortelã pimenta.

3.2.2. Coordenada a*: Verde- vermelho

Os valores de cor para a coordenada “a” (variando do verde ao vermelho), aumentaram com o incremento da temperatura de secagem (Figura 7). Apresentando valores de $-2,98$ a $-2,32$ e $-3,64$ a $-2,19$ para a faixa de temperatura de 40 a $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, e velocidade do ar de $0,4$ e $0,8 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente.

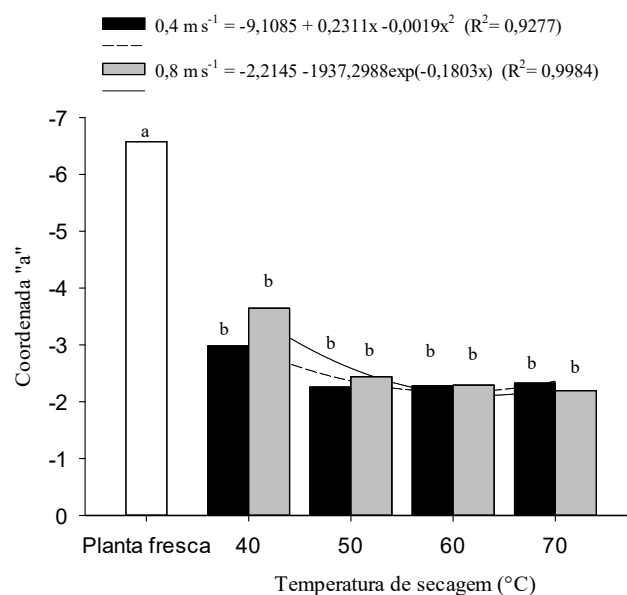


FIGURA 7. Valores de coordenada “a” no teste de cor, para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

Todos tratamentos de secagem se diferiram da planta fresca. Não houve diferença significativa entre as velocidades de secagem ($0,4$ e $0,8 \text{ m s}^{-1}$) em nenhuma das temperaturas estudadas. Na secagem a $0,8 \text{ m s}^{-1}$, pode-se observar uma maior expressão da temperatura em relação a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, o que provocou o aumento dos valores evidenciando a diminuição da cor verde.

A coordenada a^* apresentou apenas valores negativos, onde aproxima-se da cor verde, porém a elevação da temperatura de secagem resultou no escurecimento das folhas. Isso é atribuído à degradação dos pigmentos de clorofila, causada por reações enzimáticas de escurecimento ou reações não-enzimáticas de Maillard, o que leva à formação de pigmentos marrons (BUŠIĆ et al., 2014). Nas plantas a clorofila “a” e clorofila “b” são os principais pigmentos fotossintéticos que caracterizam a cor verde das folhas. (BENNERMANN et al., 2018). A degradação da clorofila em feofitinas resultante da perda de íons de magnésio durante o processamento térmico produzem alterações em relação à característica de cor verde (ABDULLAH et al., 2021).

Como a clorofila “a” é mais sensível ao calor do que a clorofila “b”, a sua degradação resulta em uma mudança na proporção clorofila a/b, que altera a cor dos produtos seco do verde-azul ao verde-amarelo. As mudanças de cor podem ser reduzidas

otimizando o processo de secagem através de parâmetros como temperatura de secagem, tempo e velocidade do ar (THAMKAEW et al.,2020).

De acordo com Lima-Corrêa et al. (2017), ao estudarem a secagem de folhas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) observaram que os valores da coordenada “a” aumentam com a elevação da temperatura, resultando em maiores valores conforme ocorre o incrementode temperaturas, conforme encontrado neste trabalho.

3.2.3 Coordenada b*: azul-amarelo

Os valores da coordenada “b” foram reduzidos com o aumento da temperatura para a velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 8). Já para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ ao se comparar os extremos das temperaturas, é possível perceber que ocorreu a diminuição desses teores.

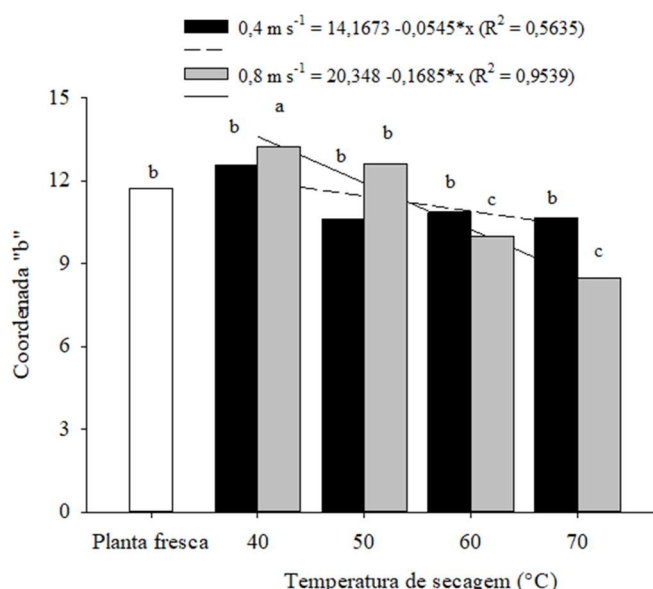


Figura 8. Valores de coordenada “b” no teste de cor, para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

A coordenada “b” (variando de azul para o amarelo) apresentou redução dos seus valores variando de 12,56 a 10,66 e 13,23 a 8,50 para a faixa de temperatura estudada (40 a 70 °C), e velocidade do ar de 0,4 e 0,8 m s⁻¹, respectivamente.

Somente os tratamentos de secagem de 40, 60 e 70 °C a 0,8 m s⁻¹, se diferiram estatisticamente da testemunha (planta fresca). Na secagem realizada a 50 e 70 °C houve

diferença entre as velocidades de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹).

As folhas verdes contêm carotenoides, um dos compostos lipossolúveis responsáveis pela cor amarela ou laranja. A exposição das folhas de guaçatonga ao calor durante os tratamentos, provavelmente está associada a perda da cor amarela devido a sua oxidação durante a secagem (SAGRIN e CHONG, 2013).

Téllez et al. (2018), estudando a cor de folhas de *Stevia* (*Stevia Rebaudiana* Bertoni) também encontraram redução nos valores da coordenada “b”, após o processo de secagem, em temperaturas de 45 e 55 °C. Luna-Solano et al. (2019), estudaram a variação da cor de folhas de *Cymbopogon citratus* mediante diferentes temperaturas do ar aplicadas durante a secagem. Os autores puderam verificar que temperaturas acima de 60 °C causaram aumento do escurecimento das amostras.

O incremento da temperatura do ar de secagem ocasionou maior efeito sobre a cor das folhas, provocando uma maior diferença de cor entre as folhas secas e as folhas da planta fresca. Os menores valores apresentados para as variáveis de cor L*, a* e b* foram para a temperatura de 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,4 m s⁻¹, o que indica que nesta condição, as folhas de guaçatonga apresentaram menor degradação da cor em relação a plantafresca.

Raja et al. (2019), ao estudarem a secagem de folhas de mamão (*Carica papaya* L.) observaram que a temperatura de 40 °C proporcionou uma menor redução da cor das folhas em relação a planta fresca. Rudi et al. (2020), observaram que temperaturas de secagem acima de 40 °C comprometiam a cor e a qualidade final das folhas de *Dracocephalum moldávica*.

3.3. Análise dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga após a secagem

3.3.1. Compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos presentes no extrato aquoso das folhas de guaçatonga, secas com a velocidade do ar de secagem de 0,4 m s⁻¹, variou entre 24,468 e 28,513 mg AGEg⁻¹ com o aumento da temperatura do ar de 40 a 70 °C (Figura 9). Para a velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹, o teor reduziu de 31,713 para 21,932 mg AGE g⁻¹ com a elevação da temperatura do ar.

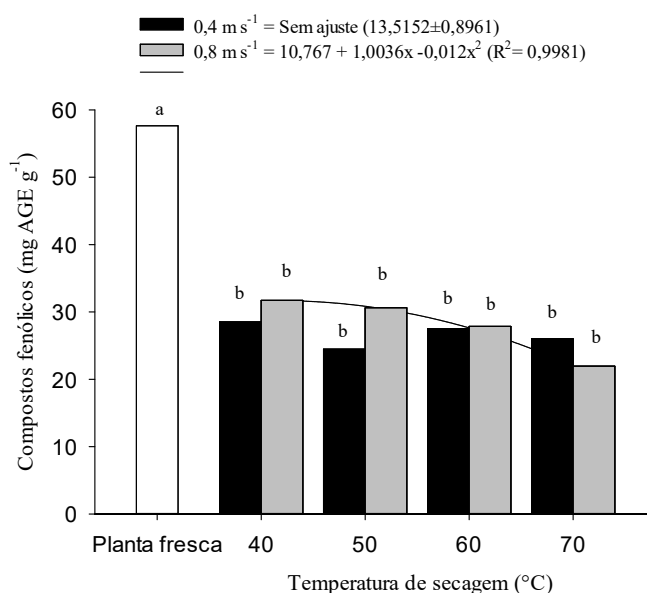


Figura 9. Teores de compostos fenólicos para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

Os tratamentos de secagem se diferiram da testemunha (planta fresca). Houve redução do teor de compostos fenólicos para todos os tratamentos. Somente a secagem realizada a 50 °C apresentou o efeito significativo da velocidade (0,4 e 0,8 m s⁻¹) do ar de secagem sobre o teor de compostos fenólicos.

O teor de compostos fenólicos não apresentou um comportamento definido de modo que permitisse o ajuste de uma equação de regressão significativa estatisticamente para representar o fenômeno para velocidade de 0,4 m s⁻¹, porém a influência da temperatura em relação a testemunha (extrato aquoso obtido a partir da planta fresca) pode ser observado. Já para a velocidade de secagem de 0,8 m s⁻¹ foi possível observar um ajuste através da equação obtida por meio de regressão polinomial onde fica evidente o efeito dos tratamentos de secagem sobre o teor de compostos fenólicos.

Conforme explicam Souza et al. (2018), o aumento da temperatura pode resultar em menores teores de compostos fenólicos devido à degradação térmica, já o maior tempo de secagem também pode resultar na perda de compostos fenólicos devido à oxidação induzida pela presença de oxigênio.

O aquecimento durante a secagem pode levar a outros processos que resultam em perda de compostos fenólicos por degradação térmica, enzimática e/ou formação de polímeros (HENRÍQUEZ et al., 2014). A estabilidade térmica dos compostos fenólicos

também está associada aos glicosídeos presentes em sua estrutura (VAN DER SLUIS et al., 2005). Outro fator que influencia é a polimerização dos compostos fenólicos, já que compostos com o maior grau de polimerização em sua estrutura tendem a apresentar menor estabilidade térmica (PAEPE et al., 2014). Neste sentido, a perda de compostos fenólicos indica a presença de compostos termolábeis, reforçando a necessidade da otimização das condições de secagem.

Niamnuy et al. (2013) verificaram que ao realizar a secagem utilizando vapor superaquecido a baixa pressão nas de folhas de *Centella asiatica* (L.), a mesma apresentou maior teor de compostos fenólicos do que quando utilizado outros métodos de secagem, os autores atribuíram esse resultado devido ao método de secagem utilizado possuir a atmosfera livre de oxigênio, reduzindo assim a oxidação do composto.

Santos et al. (2019) ao avaliarem o teor de compostos fenólicos totais das folhas secas de tansagem (*Plantago major*) observaram que a secagem a 40 °C foi o mais eficiente na extração destes compostos. Temperaturas abaixo de 40 °C são recomendadas para extração de compostos com baixa resistência térmica, porém temperaturas tão baixas levam a um maior tempo de secagem o que poderia levar à degradação de alguns compostos presentes dependendo da espécie medicinal (BORGIO et al., 2010).

Existem pouquíssimos dados acerca da presença e identidade dos compostos fenólicos em *C. sylvestris*, embora a presença de glicosídeos fenólicos seja comum em espécies da família *Salicaceae*. Bueno et al. (2020) analisaram a composição química de espécimes de *C. sylvestris* de 4 biomas distintos, onde se identificou que a variedade *língua* apresenta maiores teores de compostos fenólicos em relação a variedade *sylvestris*. Para a espécie *C. sylvestris* já foram descritos quatro derivados do ácido elágico em extratos aquosos, dois derivados do ácido gálico em extratos alcoólicos e o tirosol (WANG et al., 2009).

Bueno et al. (2020) analisaram a composição química de espécimes de *C. sylvestris* de 4 biomas distintos, onde se identificou que a variedade *língua* apresenta maiores teores de compostos fenólicos em relação a variedade *sylvestris*.

3.3.2. Flavonoides

Os flavonoides são os responsáveis por refletir o brilho do azul, vermelho, amarelo e laranja nas flores, folhas e frutos, possuindo ação anti-inflamatória (FERREIRA et al., 2014). O teor flavonoides presentes no extrato aquoso das folhas de guaçatonga,

secas com a velocidade do ar de secagem de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, variou entre 12,421 e $14,465 \text{ mg RE g}^{-1}$ com o aumento da temperatura do ar de 40 a 70°C (Figura 10). Para a velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, ocorreu a redução do teor de flavonoides de 16,124 para $11,147 \text{ mg RE g}^{-1}$ com a elevação da temperatura do ar.

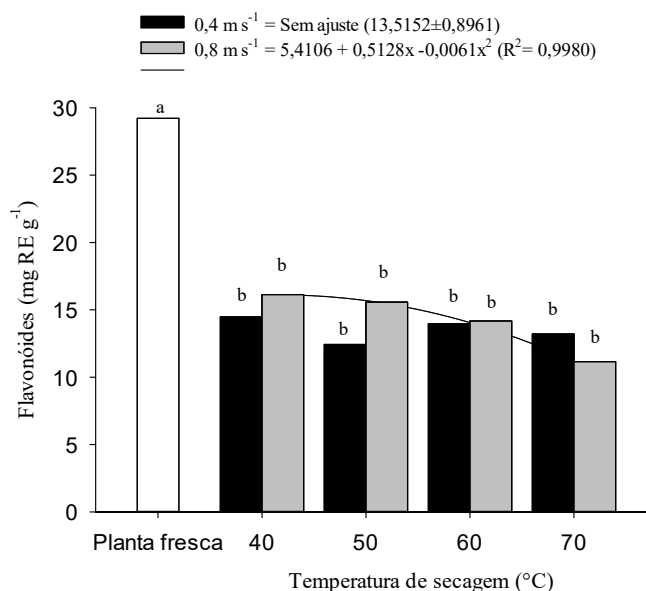


Figura 10. Teores de flavonoides para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

Observa-se o efeito da temperatura através de regressão polinomial sobre o teor de flavonoides, que são indicadas pela inclinação da curva ajustada aos extratos provenientes da secagem realizada a $0,8 \text{ m s}^{-1}$. Conforme ocorreu o incremento da temperatura para essa velocidade, ocorreu a redução do teor de flavonoides. Já para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, não houve ajuste de regressão, mas é possível observar a redução desse composto em relação a planta fresca.

Diferentes estudos têm demonstrado que a recuperação de flavonoides em diferentes temperaturas está relacionada com sua composição. De acordo com Joshi et al. (2011), o processo de secagem levou a uma redução do teor de flavonoides entre 20 e 45%. Porém, não foram observadas diferenças significativas entre diferentes métodos de secagem das folhas de dos bambus *Pleioblastus kongosanensis* f. *aureostriatus* e *Shibataea chinensis* para recuperação de flavonoides (NI et al., 2013).

Gamage e colaboradores (2021), ao avaliarem diferentes tratamentos de

secagem, sobre folhas de plantas medicinais, constataram que secagens realizadas até 40 °C não apresentaram diferenças significativas sobre o teor de flavonoides, sendo indicada para as espécies *Centella asiatica* (L.) Urb., *Senna alata* (L.) Roxb., *Justicia adhatoda* L., *Ocimum tenuiflorum* L., e *Hibiscus rosa-sinensis*.

Baharuddin et al. (2018), ao estudarem a influência da temperatura sobre a composição química das folhas de *Clinacanthus nutans*, puderam observar que temperaturas superiores a 55 °C permitem uma maior degradação de flavonoides levando a diminuição desse composto. Além da degradação dos compostos, o aumento da temperatura durante a secagem também pode afetar a retenção dos flavonoides na biomassa (KAMILOGLU et al., 2015).

Para as folhas da *C. sylvestris* já foram descritos previamente a presença de flavonoides. Bueno et al. (2016) identificaram 11 flavonoides: Isorhamnetina-3-O-trihexosídeo, Quercetina-3-O-dihexosídeo, Kaempferol-3-O-dihexosídeo, Quercetina-3-O-hexosídeo, Quercetina-3-O-rutinosídeo (rutina), Isorhamnetina-3-O-neohesperidosídeo, Isorhamnetina-3-O-rutinosídeo (narcisina), Quercetina-3-O-hexosídeo, Isorhamnetina-3-O-hexosídeo, Isorhamnetina-3-O- [ramnopiranosídeo -3-hidroxi-3- metilglutaril]-Hexosídeo, Isorhamnetina-3-O- α -L- ramnopiranosídeo -(1-2)- α -L-arabinopyranosídeo, Isorhamnetina-3-O-[3-hidroxi- 3-metilglutaril]-hexosídeo e Isorhamnetina-3-O-pentosídeo. Ameni et al. (2015) também identificaram rutina, quercetina e luteolina, assim como outros compostos clorogênicos.

3.3.3. Atividade antioxidante

A análise da atividade antioxidante pode ser expressa em IC₅₀, a qual representa a concentração necessária do antioxidante para reduzir em 50% o radical DPPH, em que, quantomenor o valor de IC₅₀, maior será atividade antioxidante do material (NEGRI et al., 2009). Neste estudo, os potenciais antioxidantes determinados foram baixos, quando comparados a outras espécies do gênero, porém observou-se que tanto para velocidade do ar de 0,4 quanto para 0,8 m s⁻¹ os valores de DPPH se mantiveram constantes em todos os tratamentos de secagem (Figura 11). Quando se comparou os resultados obtidos nos processos de secagem com a planta fresca, observou-se que todos os extratos aquosos sofreram uma significativa redução do potencial antioxidante. Para a velocidade de 0,8 m s⁻¹ os valores variaram entre 8,548 a 8,380 µg mL⁻¹, já para a velocidade de 0,4 m s⁻¹, de 8,641 a 8,387 µg mL⁻¹, dentro das faixas de temperaturas de 40 a 70 °C (Figura 11).

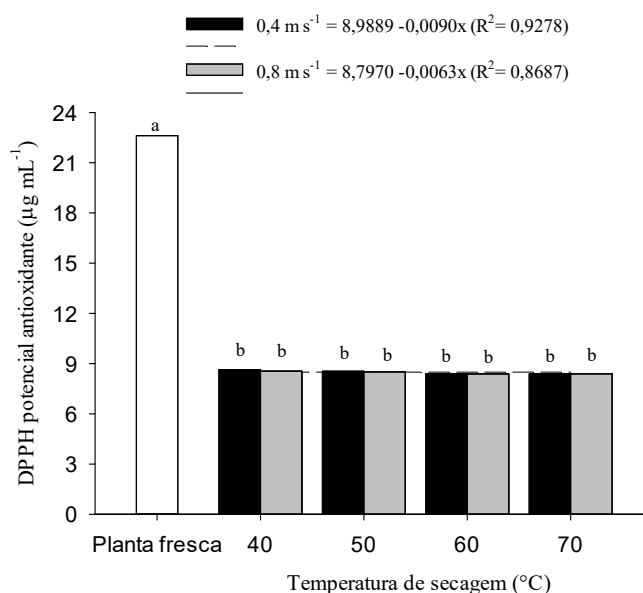


Figura 11. Teores de DPPH para folhas de guaçatonga provenientes de planta fresca e folhas submetidas à secagem artificial em diferentes velocidades e temperaturas do ar.

Nota: * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de t de Student a 5%.

Desta maneira pode-se sugerir a secagem em altas temperaturas reduzindo consequentemente o tempo de secagem das folhas (Figura 6 e 7), já que o impacto para todos os tratamentos foi similar em relação ao potencial antioxidante.

A secagem permite a rápida conservação das propriedades medicinais dos compostos produzidos pelas plantas. No entanto, a instabilidade de compostos bioativos em plantas medicinais que exibem atividade antioxidante e ampla gama de propriedades farmacológicas podem indicar uma sensibilidade a diferentes tratamentos de secagem.

Estudos relataram perda da atividade biológica relacionada com a perda de compostos fenólicos e flavonoides ao se utilizar secagens em temperaturas superiores (NEGRI et al., 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2012). Esse fato pode indicar que há presença de outras classes de compostos químicos que contribuem para atividade antioxidante da *C. sylvestris*. Também é possível que tenha ocorrido um aumento da capacidade antioxidante dos compostos polifenóis devido a um estado intermediário de oxidação e formação de produtos de reação de Maillard, assim mantendo a capacidade antioxidante apesar da redução dos teores de compostos fenólicos (MADRAU et al., 2009).

Cagliari (2017) ao estudar a influência da secagem artificial sobre a atividade antioxidante de folhas de *Olea europaea*, constatou um efeito não significativo da

variação dos níveis de temperatura e velocidade do ar de secagem sobre a atividade antioxidante.

Para compostos fenólicos e flavonoides, parâmetros analisados neste estudo, a velocidade de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ foi a que apresentou o melhor resultado, mantendo a composição química das folhas após a secagem mais próxima da presente na planta fresca. Este fato pode ser explicado pela ocorrência da degradação térmica ser reduzida devido ao menor tempo de exposição do produto ao ar aquecido pelo aumento da velocidade de secagem. Já para a atividade antioxidante ambas as velocidades do ar apresentaram o mesmo comportamento em todas as temperaturas de secagem avaliadas.

Analisando as Figuras 9, 10 e 11, pode-se inferir que nas condições estudadas no presente trabalho, a temperatura do ar de 40°C é a mais indicada visando obter um maior teor de compostos fenólicos, flavonoides e uma melhor atividade antioxidante. E ainda, foi possível observar que apesar das temperaturas de secagem não apresentarem grandes diferenças em relação a quantidade presentes dos compostos, a menor temperatura de secagem ainda proporciona um maior teor de compostos fenólicos de flavonoides.

4.CONCLUSÕES

Dentre os modelos matemáticos ajustados para predizer o processo de secagem de folhas de guaçatonga, o modelo de Midilli foi selecionado e ajustou-se de maneira satisfatória a todas as condições do ar de secagem.

Com o aumento da temperatura e da velocidade do ar houve a redução do tempo de secagem das folhas de guaçatonga.

Os valores do coeficiente de difusão efetivo aumentaram com a elevação da temperatura e da velocidade do ar de secagem.

Para a faixa de temperatura do ar de 40 a 70 °C, ao aumentar a velocidade do ar de secagem, se reduziu a energia de ativação durante a secagem de folhas de guaçatonga.

Conforme houve o incremento da temperatura e velocidade do ar de secagem, as coordenadas de cor L^* e a^* tiveram seu valor reduzido durante os tratamentos de secagem. A coordenada b^* foi a única que teve seus valores aumentados conforme ocorreu o incremento da temperatura.

Os teores de compostos fenólicos, flavonoides e potencial antioxidante sofreram redução em relação a planta fresca com o incremento da temperatura e a velocidade do ar de secagem.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, S; NORDIN, R; RZEMIN, M. A. A; ABDUL RAZAK, N. Changes in the physical and chemical properties of *C. nutan s.* herbal leaves dried under different drying methods **Earth and Environmental Science**, v. 765, 2021. Doi: 10.1088/1755-1315/765/1/012011

ARGYROPOULOS, D; MÜLLER, J. Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis L.*). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 1, n. 1, p. e15–e22, 2014. Doi:10.1016/j.jarmap.2013.12.001

ALI, M. A; YUSOF, Y. A; CHIN, N. L; IBRAHIN, M. N; BASRA, S. M. A. Drying kinetics and colour analysis of *Moringa Oleifera* leaves. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 394-400, 2014. Doi: 10.1016/j.aaspro.2014.11.055

ALVES, J. J. L; RESENDE, O; OLIVEIRA, D. E. C. de; BRANQUINHO, N. A. de A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017. Doi:10.1590/1983-084X/0013

AMENI, A. Z; LATORRE, O. A; TORRES, L. M. B; GÓRNIK, S. L. Toxicity study about a medicinal plant *Casearia sylvestris*: A contribution to the Brazilian Unified Health System (SUS). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 175, p. 9-13, 2015. Doi:10.1016/j.jep.2015.08.027

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Moisture Measurement – Forages**: Standard S358.2 DEC1988, R2008. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers (ed.). Standards, Engineering Practices, and Data. St. Joseph: ASABE, 2010. p.684-685.

ASHTIANI, S. M; SALARIKIA, A; GOLZARIAN, M. R. Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of pepper mint leaves under hot-air and infrared treatments. **Information Processing in Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 128–139, 2017. Doi:10.1016/j.inpa.2017.03.001

AZEEZ, L; ADEBISI, S. A; OYEDEJI, A. O; ADETORO, R. O; TIJANI, K. O. Bioactive compounds' contents, drying kinetics and mathematical modelling of tomato slices influenced by drying temperatures and time. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.18, p. 120-26, 2019. Doi:10.1016/j.jssas.2017.03.002

BABALIS, S. J; PAPANICOLAOU, E; KYRIAKIS, N; BELESSIOTIS, V. G. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214, 2006. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.04.008

BAPTESTINI, F. M; CORRÊA, P. C; OLIVEIRA, G. H. H; PAIXÃO, A. A; MACHADO, P. F. The effect of harvest conditions and drying temperature on drying kinetics of two popcorn genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 39, p. 2964-2970, 2014. Doi:10.5897/AJAR2014.88824

BAHARUDDIN, N. A. F; NORDIN, M. F. M; MORAD, N. A; ARIS, N. I. A. YUNUS,

M. A. Content of total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of leaves of *Clinacanthus nutans* dried by ultrasonic assisted water-based extraction. **Malaysian Journal of Analytical Sciences**, v.22, n. 4, p. 659-666, 2018. Doi: 10.17576/mjas-2018-2204-12

BENNEMANN, G. D; BOTELHO, R. V; TORRES, Y. R; CAMARGO, L. A; KHALIL, N. M; OLDONI, T. L; SILVA, D. H. Compostos bioativos e atividade antirradicalar em farinhas de bagaço de uvas de diferentes cultivares desidratadas em liofilizador e em estufa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018. Doi: 10.1016/j.foodres.2014.06.013

BERBERT, P.A; QUEIROZ, D.M.; SILVA, J.S; PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167-173, 1995. Doi: 10.1006/jaer.1995.1010

BORGO, J; XAVIER, C. A. G; MOURA, D. J; RICHTER, M. F; SUYENAGA, E. S. Influência dos processos de secagem sobre o teor de flavonoides e na atividade antioxidante dos extratos de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 12-17, 2010.

BUENO, P. C. P; ABARCA, L. F. S; ANHESINE, N. B; GIFFONI, M. S; PEREIRA, F. M. V; TORRES, R. B; SOUSA, R. W. R; FERREIRA, P. M. P; CAVALHEIRO, A. J. Intraspecific chemical variability and biological Activity of *Casearia sylvestris* from diferente brazilian biomes. **Planta Médica**, v. 87, n. 1/2, p. 148-159, 2020. Doi:10.1055/a-1301-0183

BUENO, P. C. P; PASSARELI, F; ANHESINE, N. B; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Flavonoids from *Casearia sylvestris* Swartz variety língua (Salicaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 68, p. 23-26, 2016. Doi:10.1016/j.bse.2016.06.002

BUŠIĆ, A; VOJVODIĆ, A; KOMES, D. AKKERMANS, C; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A; STOLK, M; HOFLAND, G. Comparative evaluation of CO₂ drying as an alternative drying technique of basil (*Ocimum basilicum* L.) - The effect on bioactive and sensory properties. **Food Research International**, v. 64, p. 34-42, 2014. Doi: 10.1016/j.foodres.2014.06.013

CAGLIARI, A. **Influência da secagem convectiva em leito fixo sobre as propriedades da folha de oliveira (*Olea europaea* L.)** 120p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa, 2017.

CORRÊA FILHO, L. C; MARTINAZZO, A. P; TEODORO, C. E. de S; ANDRADE, E. T. Post-harvest of parsley leaves (*Petroselinum crispum*): Mathematical modelling of drying and sorption processes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 131-136, 2018.

CORRÊA, P. C; OLIVEIRA, G. H. H; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010. Doi:10.1590/s0034-737x2010000500005

CORRÊA, C. J; SCHEFFER, M, C. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. EMATER, 2009. 52p.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 712p.

DJERIDANE, A; YOUSFI, M; NADJEMI, B; BOUTASSOUNA, D; STOCKER, P; VIDAL, N. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 654-660, 2006. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.04.028

FERREIRA, R. T; COUTINHO, M. A. S; MALVAR, D. C; COSTA, E. A; FLORENTINO, I. F; COSTA, S. S; VANDERLINDE, F. A. Mechanisms Underlying the Antinociceptive, Antiedematogenic, and Anti-Inflammatory Activity of the Main Flavonoid from *Kalanchoe pinnata*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2014. Doi:10.1155/2014/429256

GAMAGE, D. G. N. D; DHARMADASA, R. M; ABEYSINGHE, D. C; WIJESEKARA, R.G. S; PRATHAPASINGHE, G. A; TAKAO S. Assessment of Phytochemical Contents and Total Antioxidant Capacity of Five Medicinal Plants with Cosmetic Potential under Three Different Drying Methods. **World Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p.24-28, 2021. Doi: 10.12691/wjar-9-1-4

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* emleito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017. Doi:10.5935/1806-6690.20170028

GOMES, N. H. F; SILVA NETO, H. C; ALVES, J. J. L; RODOVALHO, R. S; SOUSA, C. M. Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Engevista**, v. 19, n. 2, p. 328- 338, 2017. Doi: 10.22409/engevista.v19i2.837

GONELI, A. L. D; MARTINS, E. A. S; JORDAN, R. A; GEISENHOF, L. O; GARCIA, R.T. Experimental dryer design for agricultural products. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 5, p. 938-950, 2016. Doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n5p938-950/2016

GONELI, A. L. D; VIEIRA, M. C; BENITEZ, H. DA C. V; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014. Doi: doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005

HENRÍQUEZ, C; CÓRDOVA, A.; ALMONACID, S; SAAVEDRA, J. Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum drying of apple peel by products. **Journal of Food Engineering**, v. 143, p. 146-153, 2014. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.06.037

HEYMANNS, A. C; ALBANO, M. N; DA SILVEIRA, M. R; MULLER, S. D; PETRILHO, F. C; GAINSKI, L. D; PIOVEZAN, A. P. Macroscopic, biochemical and histological evaluation of topical anti-inflammatory activity of *Casearia sylvestris* (*Flacourtiaceae*) in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, 113139, 2020. Doi:10.1016/j.jep.2020.113139

HONG, Y. J; BARRET, D. M; MITCHELL, A. E. Liquid chromatography/mass spectrometry investigation of the impact of thermal processing and storage on peach procyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 2366-2371, 2004. Doi: 10.1021/jf0306082

HUNTER, R.S; HAROLD, R.W. **The Measurement of Appearance**. 2ª edição, 1987. 432 p.

KAMILOGLU, S; TOYDEMIR, G; BOYACIOGLU, D; BEEKWILDER, J; HALL, R. D; CAPANOGLU, E. A Review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, S110-S129, 2015. Doi:10.1080/10408398.2015.1045969

KARAMI, H; RASEKH, M; DARVISHI, Y; KHALEDI, R. Effect of drying temperature and air velocity on the essential oil content of *Mentha aquatica* L. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 1131-1136, 2017. Doi: 10.1080/0972060X.2017.1371647

KASHANINEJAD, M; MORTAZAVI, A; SAFEKORDI, A; TABIL, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.09.007

KUMARAN, A; KARUNAKARAN, R. J. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. **Food Chemistry**, v. 97, p. 109-114, 2006. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.03.032

KHANAL, R. C; HOWARD, L. R.; PRIOR, R. L. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. **Food Research International**, v. 43, p. 1464-1469, 2010. Doi: 10.1016/j.foodres.2010.04.018

JOSHI, A. P. K; RUPASINGHE, H. P. V; KHANIZADEH, S. Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 4, p. 453-457, 2011. Doi:10.1111/j.1745- 4549.2010.00487.x

LAMHARRAR, A; IDLIMAM, A; ALOUANI, A; KOUHILA, M. Modelling of thin layer solar drying kinetics and effective diffusivity of *Urtica dioica* leaves. **Journal of engineering science and technology** 12, 2141–2153, 2017.

LIMA-CORRÊA, R. A. B; ANDRADE, M. S; SILVA, M. F. G. F; FREIRE, J. T; FERREIRA, M. C. Thin-layer and vibrofluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 7, p. 54- 63, 2017. Doi: 10.1016/j.jarmap.2017.05.001

LUNA-SOLANO, G; PEREZ, V. D. G; SANTIAGO, J. V; CERVANTES, V. M. A; DOMÍNGUEZ-NIÑO, A. Drying and extraction process of lemongrass (*Cymbopogon citratus*). **Agrociencia (Montecillo)** v. 53 n.3 p.447-464, 2019.

MADRAU, M. A.; PISCOPO, A.; SANGUINETTI, A. M.; CARO, A.; POIANA, M. ROMEO, F. V.; PIGA, A. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. **European Food Research and Technology**, v. 228, p. 441-448, 2009. Doi:10.1007/s00217-008-0951-6

MARTINS, E. A. S.; GONELI, A. L. D.; GONCALVES, A. A.; HARTMANN FILHO, C. P.; SIQUEIRA, V. C.; OBA, G. C. Drying kinetics of blackberry leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 570-576, 2018. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p570-576

MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p238-244

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002. Doi:10.1081/drt-120005864

MOHAPATRA, D.; SRINIVASA RAO, P. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005. Doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.04.023

MOURA, R. L.; DE FIGUEIREDO, R. M. F.; DE MELO QUEIROZ, A. J. Processamento e caracterização físico-química de néctar goiaba-tomate. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 68-74, 2014.

MORAIS, F. A.; BELISÁRIO, C. M.; FAVARETO, R.; MAIA, G. P. A. G.; CARVALHO, V. D. F. Influência das temperaturas de secagem nas características físico-químicas da polpa do baru. **Agrarian**, v. 14, n. 51, p. 119-126, 2021. Doi:10.30612/agrarian.v14i51.10563

MGHAZLI, S.; OUHAMMOU, M.; HIDAR, N.; LAHNINE, L.; IDLIMAM, A.; MAHROUZ, M. Drying characteristics and kinetics solar drying of Moroccan rosemary leaves. **Renew. Energy**, v. 108, p. 303-310, 2017. Doi: 10.1016/j.renene.2017.02.022.

NEGRI, M. L. S.; POSSAMI, J. C.; NAKASHIMA, T. Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa - *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss., secas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2B, p. 553-556, 2009.

NI, Q.; ZHANG, Y.; XU, G.; GAO, Q.; GONG, L.; ZHANG, Y. Influence of harvest season and drying method on the antioxidant activity and active compounds of two bamboo grass leaves. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 4, p. 1565-1576, 2013. Doi:10.1111/jfpp.12116

NIAMNUY, C.; CHAROENCHAITRAKOOL, M.; MAYACHIEW, P.; DEVAHASTIN, S. Bioactive Compounds and Bioactivities of *Centella asiatica* (L.) Urban Prepared by Different Drying Methods and Conditions. **Drying Technology**, v. 31, n. 16, p. 2007-2015, 2013. Doi:10.1080/07373937.2013.839563

NURAFIFAH, F.; CHUAH, L.; WAHIDA, M.A.P.F. Drying of *Plectranthus amboinicus*

(lour)spreng leaves by using oven dryer. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.11, p.239–244, 2018. Doi: 10.1016/j.eaef.2018.08.002.

OLIVEIRA, M. T. R; BERBERT, P. A; MATOS, C. R. R; MATHIAS, L; MOREIRA, R. O. Efeito da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata*. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1200-1204, 2011. Doi: 10.1590/S0100-40422011000700018

OLIVEIRA, G. H. H; ARAGÃO, D. M. S; OLIVEIRA, A. P. L. R; SILVA, M. G; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 314-321, 2015. Doi: 10.1590/1981-6723.5315

PAEPE, D; VALKENBORG, D; COUDIJZER, K.; NOTEN, B; SERVAES, K.; LOOSE, M; VOORSPOELS, S; DIELS, L; VAN DROOGENBROECK, B. Thermal degradation of cloudy apple juice phenolic constituents. **Food Chemistry**, v. 162, p. 176-185, 2014. Doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.005

PHAM, N. D; KHAN, M. I. H; KARIM, M. A. A mathematical model for predicting the transport process and quality changes during intermittent microwave convective drying. **Food Chemistry**, v. 325, 2020. Doi: 10.1016/j.foodchem.2020.126932

PANCHARIYA, P. C; POPOVIC, D; SHARMA, A. L. Thin-layer modelling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2002. Doi:10.1016/s0260-8774(01)00126-1

PUENTE-DÍAZ, L; AH-HEN, K; VEGA-GÁLVEZ, A; LEMUS-MONDACA, R; SCALA, K. D. Combined Infrared-Convective Drying of Murta (*Ugni molinae Turcz*) Berries: Kinetic Modeling and Quality Assessment. **Drying Technology**, v. 31, n. 3, p. 329-338, 2013. Doi:10.1080/07373937.2012.736113

RAJA, K. S; TAIP, F. S; AZMI, M. M. Z; SHISHIR, M. R. I. Effect of pre-treatment and different drying methods on the physicochemical properties of *Carica papaya* L. leaf powder. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 2, p. 150-156. Doi: 10.1016/j.jssas.2017.04.001

RUDY, S; DZIKI, D; BIERNACKA, B; KRZYKOWSKI, A; RUDY, M; GAWLIK-DZIKI, U; KACHEL, M. Drying Characteristics of *Dracocephalum moldavica* Leaves: **Drying Kinetics and Physicochemical Properties**, v. 8, n. 5, p.509, 2020. Doi:10.3390/pr8050509

SAGRIN, M. S; CHONG, G. H. Effects of drying temperature on the chemical and physical properties of *Musa acuminata* Colla (AAA Group) leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 430-434, 2013. Doi: 10.1016/j.indcrop.2012.12.036

SANTOS, K. B; TONIN, L. T. D. Estudo da influência da temperatura de secagem e solvente extrator na capacidade antioxidante de folhas *Plantago major*. **Revista Fitos**, V. 9; N. 13, P. 200-211, 2019. Doi: 10.32712/2446-4775.2019.827

SILVA, F. P; SIQUEIRA, V. C; MARTINS, E. A. S; MIRANDA, F. M. N; MELO, R.

M. Thermodynamic properties and drying kinetics of *Bauhinia forficata* Link leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 61-67, 2017. Doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p61-67

SIQUEIRA, V. C; RESENDE, O; CHAVES, T. H. Drying kinetics of *Jatropha* seeds. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 171-177, 2012. Doi:10.1590/S0034-737X2012000200004

SPÓSITO, L; ODA, F. B; VIEIRA, J. H; CARVALHO, F. A; DOS SANTOS, R. M. A; DE CASTRO, R. C; BAUAB, T. M. *In vitro* and *in vivo* anti-*Helicobacter pylori* activity of *Casearia sylvestris* leaf derivatives. **Journal of Ethnopharmacology**, 2018. Doi:10.1016/j.jep.2018.12.032

TÉLLEZ, M. C; FIGUERO, I. P; TÉLLEZ, B. C; VIDAÑA, E. C. L; ORTIZ, A. L. Solar drying of *Stevia (Rebaudiana Bertoni)* leaves using direct and indirect technologies. **Solar Energy**, v. 159, n. 1, p. 898-907, 2018. Doi: 10.1016/j.solener.2017.11.031

THAMKAEW, G; SJÖHOLM, I; GALINDO, F. G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p.1–24, 2020. Doi:10.1080/10408398.2020.1765309

VAN DER SLUIS, A. A; DEKKER, M; BOEKEL, M. A. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 3. Stability during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 4, p. 1073-1080, 2005. Doi:10.1021/jf040270r

VEGA-GÁLVEZ, A; AH-HEN, K; CHACANA, M; VERGARA, J; MARTÍNEZ-MONZÓ, J; GARCÍA-SEGOVIA, P; LEMUS-MONDACA, R.; SCALA, K. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. *Granny Smith*) slices. **Food Chemistry**, v. 132, p. 51-59, 2012. Doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.029

VILELA, C. A. A; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 387-394, 2008. Doi:10.1590/s0101-20612008000200018

WANG, B; SHEN, S; QU, J; XU, Z; FENG, S; CHEN, T; DING, C. Optimizing total phenolic and oleuropein of chinese olive (*Olea europaea*) leaves for enhancement of the phenols content and antioxidant activity. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 686, 2021. Doi: 10.3390/agronomy11040686

CAPÍTULO II

O EFEITO DA SECAGEM E ARMAZENAMENTO SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FOLHAS DE GUAÇATONGA (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*)

1. INTRODUÇÃO

O interesse por produtos com potencial terapêutico vem crescendo a cada dia, tanto no Brasil como no mundo. Devido a essa demanda, acaba se tornando essencial práticas agrícolas sustentáveis e eficientes para todas as etapas do ciclo de produção destas espécies, principalmente as etapas pós colheita, como a secagem e o armazenamento (MARTINAZZO et al., 2007).

Para as plantas medicinais o objetivo do controle das práticas culturais e de processamento após a coleta está na manutenção dos compostos químicos que são utilizados na preparação dos mais diferentes subprodutos que utilizam essas plantas como matéria prima. Assim, práticas de processamento como a secagem e o armazenamento devem ser muito bem realizadas e controladas para que a biomassa produzida pela planta bem como sua composição química, o seu princípio ativo que confere a planta o seu potencial medicinal possa ser aproveitado de forma integral e efetiva (MOURA et al., 2016).

Após a coleta, as plantas medicinais podem seguir três caminhos possíveis: uso direto do material fresco, extração de substâncias ativas e a secagem do material fresco. A secagem é a prática que requer mais atenção, pois pode permitir a preservação do material (planta medicinal, ou parte dela) possibilitando o seu uso a qualquer tempo, dentro dos prazos normais de conservação segundo a recomendação para cada espécie (OLIVEIRA e BASTOS 2017).

A maioria das plantas medicinais é comercializada ou utilizada para o processamento sob a forma desidratada (planta seca). O armazenamento seguro, garante a permanência de suas propriedades medicinais, visando atender tanto as necessidades das indústrias, quanto para utilizações de formas caseiras (KARAM et al, 2016).

Alguns fatores influenciam diretamente na qualidade do produto final durante o armazenamento. Diversos trabalhos comprovam que o tipo de embalagem ou recipiente, a temperatura, umidade relativa, e a luminosidade do ambiente tem relação direta com a preservação do produto (YAMASSAKI et al., 2017).

As plantas secas devem ser acondicionadas e embaladas de modo a preservar as suas propriedades, impedindo a sua hidratação, protegendo-as de qualquer contaminação microbiológica e risco de ataque de pragas e evitando a transmissão às plantas de cheiros e aromas estranhos, deve impedir a entrada da luz e preservando a cor e a composição química das plantas medicinais (FERREIRA, 2016).

As embalagens tem como funções a contenção do produto e proteção, durante o transporte até a sua comercialização. Diz-se que um produto está convenientemente contido quando são atendidas as necessidades de transporte, acondicionamento e armazenamento. A proteção do produto ocorre quando este se apresenta em condições ideais no momento do seu uso ou consumo. No transporte, a embalagem é vista como uma forma de proteção ao produto dos agentes mais grosseiros, tais como choques, chuva e incidência direta da luz solar (SCHEFFER et al 2009).

Os produtos a partir de plantas medicinais podem ser diversos, é possível citar diferentes tipos de extratos, tinturas, drogas vegetais, fitoterápicos, fitomedicamentos, óleos essenciais, dentre outros, e esses produtos são gerados considerando, principalmente, a composição química de cada espécie (OLIVEIRA NETA et al., 2019).

Muitas espécies possuem uma capacidade medicinal peculiar, devido a sua composição química e seu potencial ativo. Para cada uma dessas espécies existem métodos extrativos otimizados para a obtenção de extratos padronizados de acordo com seus respectivos marcadores químicos. A *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua* possui em sua composição substâncias marcadoras como o ácido elágico, ácido gálico, quercetina e ácido ferulico, que possuem diversas atividades curativas e terapêuticas. Essas substâncias são extremamente sensíveis, e práticas que vão desde o cultivo até a pós colheita podem interferir diretamente nos teores presentes nas plantas medicinais.

Dentre os compostos bioativos presentes em vegetais, os compostos fenólicos representam um grupo relevante de metabólitos secundários, atuando como atrativos para polinizadores e disseminadores de sementes, nas adaptações evolutivas contra herbívoros e protegendo contra radiação ultravioleta (UV) (CHEYNIER, 2012). Estes compostos também apresentam interesse econômico devido as propriedades biológicas, com aplicações como antioxidante, antimicrobiano, anticancerígeno, anti-inflamatório, na prevenção de doenças cardíacas e no desenvolvimento de cosméticos, repelentes, tinturas naturais, produtos industriais e como alimentos funcionais (CONG-CONG et al., 2017; SYTAR et al., 2018).

Os flavonoides representam um grupo relevante de compostos fenólicos, apresentando diversas hidroxilas em sua estrutura que possibilita a redução de radicais livres (VICENTE et al., 2018). Esta capacidade antioxidante está associada com a presença de anéis aromáticos com hidroxilas capazes de realizar ressonância, apresentando assim estabilidade química para reagir neutralizando os radicais. A quantidade de hidroxilas nos anéis aromáticos e ligações conjugadas, assim como suas posições, também influenciam na atividade (OLSZOWY, 2019).

Fatores externos a questões estruturais da molécula como os métodos de determinação e avaliação também influenciam na capacidade antioxidante bem como o solvente utilizado, pH e as condições de armazenamento da biomassa vegetal pós colheita (SEVERO et al 2010; NAEIME e ALIZADEH, 2017). Um dos métodos *in vitro* para determinar a atividade antioxidante de plantas medicinais é através do sequestro do DPPH (*1,1-difenil-2-picrilhidrazil*), sendo um dos testes mais utilizados devido a sua facilidade de execução (OLIVEIRA, 2015). Durante o período de armazenamento podem ocorrer mudanças na composição química do material acondicionado, contudo, as mudanças químicas nem sempre são prejudiciais ou indesejadas. A atividade de certos componentes pode aumentar durante o armazenamento, elevando o potencial do material e validando maiores períodos de tempo de estocagem. Essa característica depende dos métodos de armazenamento utilizados para as plantas ou parte delas. Os métodos utilizados têm a capacidade de causar alterações na atividade farmacológica e fotoquímica (SILVA NETO et al., 2021). Portanto, é importante transmitir informações sobre os períodos de armazenamento bem como a sua viabilidade.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência do tempo de armazenamento e tipo de embalagem na composição química de extratos aquosos obtidos através das folhas de guaçatonga após os tratamentos de secagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em dois distintos laboratórios. As partes de secagem e determinação de cor foram realizadas no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, que pertence à Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, MS. Foram utilizadas folhas de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*), colhidas no Horto de Plantas Medicinais-HPM (22°11'43.7''S e 054°56'08.5''W) da FCA/UFGD, onde a espécie já está estabelecida há mais de 10 anos. A obtenção dos extratos aquosos e a análise dos conteúdos de flavonoides totais, compostos fenólicos totais e potencial antioxidante, foram executadas no Laboratório CERNA (Centro de Estudos em Recursos Naturais), pertencente a Universidade Estadual do Mato Grosso do sul.

Foram coletadas folhas frescas no período da manhã aleatoriamente sob condições de não ocorrência anterior de precipitação pluviométrica, irrigação e sem resquíio de orvalho, com o intuito de evitar a variação no teor de água inicial das folhas. Em seguida, as folhas foram homogeneizadas e selecionadas, eliminando aquelas com incidência de doenças ou danificadas, com a finalidade de se evitar qualquer tipo de interferência no processo de secagem.

2.1 Secagem

O processo de secagem foi realizado a temperatura de 40 °C com duas diferentes velocidades do ar de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹.) Para cada condição empregada neste trabalho, utilizou-se aproximadamente 100 g de folhas de guaçatonga, sendo que parte do material colhido foi destinado à determinação do teor de água e a outra parte (50 g) foi submetida ao processo de secagem, em um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial 2×1.

O processo de secagem foi realizado em um secador experimental de leito fixo (Figura 1), que possui como características uma fonte de aquecimento constituída por um conjunto de resistências elétricas, totalizando 12 kW de potência, e um ventilador Siroco, da marca Ibraum, modelo VSI-160, com motor de 1 cv (GONELI et al., 2016).

A temperatura foi controlada por meio de um controlador universal de processos, da marca Novus, modelo N1200, trabalhando com controle proporcional integral derivativo (PID), e o fluxo de ar foi selecionado por meio de um inversor de frequência ligado ao motor

do ventilador. O secador é dotado de um sistema que controla com precisão o fluxo e a temperatura do ar de secagem, e dispõe de um sensor conectado a um painel de controle, visando a obtenção de um ajuste fino e o monitoramento das condições do ar de secagem.

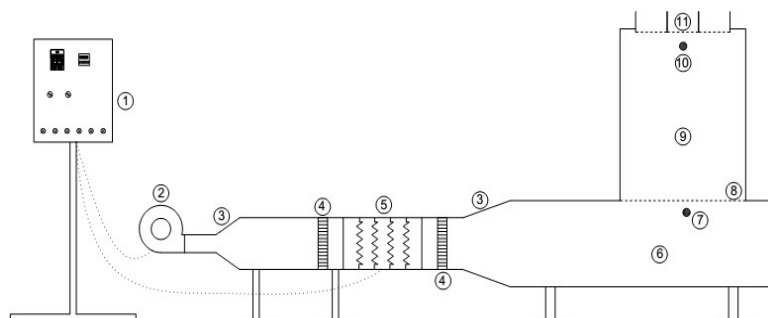


FIGURA 1. Secador experimental utilizado na secagem das folhas de guaçatonga (1- Painel de controle de temperatura e fluxo de ar; 2- Ventilador centrífugo; 3- Expansões; 4- Homogeneizadores de ar; 5. Conjunto de resistências elétricas; 6- Plenum; 7- Ponto de medição de temperatura para secagem em camada espessa; 8- Fundo telado para secagem em camada espessa; 9- Câmara de secagem em camada espessa; 10- Ponto de medição de temperatura para secagem em camada delgada; 11- Conjunto de bandejas para secagem em camada delgada).

O leito de secagem foi composto por duas bandejas de fundo telado, alocadas no interior de um secador experimental, cada uma contendo 25 gramas de produto. A velocidade do ar de secagem foi ajustada pela rotação do motor do ventilador, por meio do inversor de frequência, até atingir a velocidade desejada, sendo averiguada com auxílio de um termo anemômetro de pás rotativas, da marca Instrutherm, modelo TAD 500, com resolução de $\pm 0,1 \text{ m s}^{-1}$.

O teor de água das amostras foi determinado pelo método gravimétrico recomendado pela ASABE (2010), para forrageiras e plantas similares, em estufa com circulação forçada de ar a $103 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas. O teor de água inicial das folhas de guaçatonga, no início dos tratamentos de secagem foi de 0,9838 decimal b.s.. O

processo de secagem foi realizado até que as folhas atingissem o teor de água de equilíbrio com as condições do ar de secagem empregada em cada tratamento.

2.2 Armazenamento

O armazenamento foi realizado durante 180 dias, com um intervalo entre as análises de 60 dias. Foram utilizados quatro tipos de embalagens: vidro (capacidade para 600 g), plástico (sacos de 15 x 25 cm de polipropileno), papel (sacos de papel 15 x 21,5 cm tipo kraft), e papel envolto por plástico (Figura 2).



FIGURA 2. Tipos de embalagens utilizadas durante o armazenamento de folhas de guaçatonga (*Casearia sylvestris* swartz var. *lingua*)

As embalagens de vidro foram envoltas por papel kraft para impedir a incidência de luz. As de papel foram fechadas com fita adesiva impedindo a entrada de ar. Todas as embalagens plásticas foram vedadas por uma seladora de plástico com pedal, da marca Sulpack modelo SP 350 G2.

Para cada tratamento (tipos de embalagens) foram utilizadas cinco repetições em cada tempo de armazenamento (0, 60, 120, 180 dias).

2.3. Cor

A avaliação da cor das folhas de *C. sylvestris* foi realizada com o material fresco, o qual foi submetido à secagem, com diferentes temperaturas e velocidade do ar, pela leitura direta de refletância das coordenadas “L”, “a” e “b”, empregando um colorímetro de bancada com alta precisão nas medições da marca Braseq modelo Color Flex EZ com o sistema Hunter de cor, sendo “L” relativo ao branco e preto; “a”, ao vermelho e verde; e “b”, ao amarelo e azul (Figura 3).

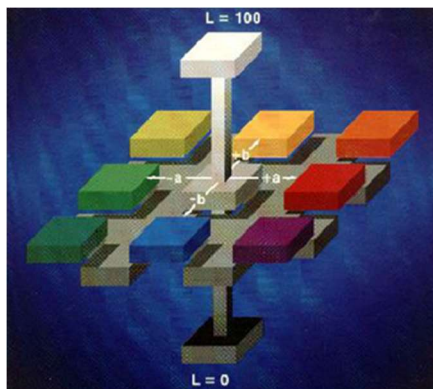


Figura 3. Representação esquemática do sistema de coordenadas de Hunter para avaliação de cor (HUNTER; HAROLD, 1987).

A calibração do colorímetro foi realizada com a aplicação em uma placa branca, utilizando os valores de referência de $L = 93,65$, $a = -5,28$ e $b = 8,56$. Para melhor caracterização da cor, foram realizadas cinco medições em cada amostra, determinando-se posteriormente a média.

2.4. Obtenção dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga

Para a preparação dos extratos aquosos, as folhas foram secas até o teor de água de equilíbrio. Posteriormente, o material foi uniformizado totalizando aproximadamente 20 gramas de folhas secas, para cada condição de tratamento.

Em 10 ml de água destilada foram adicionados 0,8 g de folhas de guaçatonga trituradas. A mistura foi extraída durante 1h em banho de ultrassom em Cuba ultrassônica da marca Cristófoli. Posteriormente as amostras maceradas por 24 h foram deixadas em contato (descanso por 24 horas), somente após esse tempo às análises para determinação dos teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e do potencial antioxidante foram executadas.

Compostos fenólicos:

Para cada 100 μL do extrato, adicionaram-se 0,5 mL de reagente de Follin-Ciocalteau (1/10 v v-1) e 1 mL de água destilada, com incubação de 1 minuto. Depois adicionou-se 1,5 mL de solução aquosa de carbonato de sódio a 20% e aguardou-se por 30 minutos em local escuro. Em seguida fez-se a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 760 nm. O mesmo procedimento foi realizado para o branco,

sendo substituídos 100 μL de amostra por 100 μL de água o solvente empregado na solubilização de cada amostra (DJERIDANE et al., 2006).

A concentração de compostos fenólicos foi calculada preparando-se uma curva analítica, empregando-se o ácido gálico como padrão, nas concentrações de 5 a 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$. O procedimento experimental aplicado ao padrão foi o mesmo utilizado para as amostras. Com os dados obtidos do padrão foi plotada a curva de absorbância versus concentração de ácido gálico e ajustada uma regressão linear ($a = -0,018$; $b = 0,0016$; $R^2 = 0,997$), a qual foi utilizada para calcular o teor de compostos fenólicos das amostras reais. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por g de extrato liofilizado (mg AGE g^{-1}). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Flavonoides:

A determinação de flavonoides seguiu a metodologia proposta por Djeridane *et al.* (2006). A cada 1000 μL de cada amostra foram adicionados 1000 μL de cloreto de alumínio 2%. A solução reagiu por 15 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 430 nm.

Atividade antioxidante:

Os potenciais antioxidantes foram determinados com a utilização do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil). Para isso, as amostras foram obtidas nas concentrações de 1, 10, 100, 500, 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e o DPPH a 0,004% em metanol. Para cada 100 μL da amostra em estudo foram adicionados 3000 μL da solução de DPPH. As leituras foram feitas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm após 30 minutos de reação (KUMARAN e KARUNAKARAN, 2006). As análises foram realizadas em triplicata. A atividade sequestradora de radicais foi calculada conforme Equação 1:

$$\% \text{ redução DPPH} = \frac{\text{Abs. Branco} - \text{Abs. Amostra}}{\text{Abs. Branco}} * 100 \quad (1)$$

Abs: absorbância

Os resultados foram apresentados em concentração inibitória mínima (IC₅₀). O IC₅₀, expressa a concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições da amostra, plotou-se a % de redução do DPPH no eixo Y e a concentração dos extratos ($\mu\text{g mL}^{-1}$) no eixo X para obter a concentração da amostra com capacidade de reduzir 50% do DPPH.

2.5. Identificação de substancias presentes nos extratos aquosos de folhas de *C. sylvestris*

Análise cromatográfica LC-6AD:

Os extratos (1 mg/ml) foram solubilizados em água e avaliados em uma coluna analítica LC (LC-6AD Shimadzu, Kyoto, Japão) com o auxílio de um sistema detector de arranjo de fotodiodos (PDA) que foi monitorado entre comprimentos de onda $\lambda = 200\text{--}800$ nm. Em um aparelho analítico LC, onde a coluna era ODS HYPERSIL (C-18, 150 mm de comprimento x 4,6 mm de diâmetro, Thermo Electron Corporation). O fluxo e o volume de injeção foram respectivamente 1 mL min^{-1} e $10\text{ }\mu\text{L}$.

Toda a análise cromatográfica ocorreu a uma temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. O eluente A foi composto por uma fase móvel binária de água com 6% de ácido acético e 2 mM de acetato de sódio, e o eluente B, composto por acetonitrila e aplicado o seguinte gradiente: 0 min 5 % B; 20 min 15% B; 30 min 60% B; e 40 min 100 % B.

Foram utilizados padrões do ácido cafeico, ácido elágico, ácido vanílico, ácido sinápico, ácido ferúlico luteolina, apigenina, naringina e quercetina de (Sigma, 98%), preparados em metanol-água na concentração de $1000\text{ }\mu\text{g.mL}^{-1}$. A identificação dos compostos com auxílio do detector de varredura PDA na faixa espectral de 200-800 nm não revelou interferências no tempo de retenção das amostras em LC pelo método de eluição desenvolvido. Os padrões foram facilmente identificados com base em seus espectros de absorção na região UV e no tempo de retenção. Padrões encontrados em extratos foram identificados de forma inequívoca por meio de experimentos de co-injeção em que alíquotas dos extratos e padrões foram misturadas e diluídas em um volume conhecido e analisadas por LC.

2.6. Análise estatística

O experimento será conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sob esquema fatorial $2 \times 5 \times 4$, em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as velocidades do ar de secagem ($0,4$ e $0,8 \text{ m s}^{-1}$) e nas subparcelas os períodos de armazenamento (0 , 60 , 120 e 180 dias) e os tipos de embalagem. O número de repetições será 5 para cada condição. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão, sendo os modelos escolhidos conforme a significância da equação, o coeficiente de determinação (R^2) e por teste de médias.

3.RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Cor das folhas de Guaçatonga durante o armazenamento

Ao se trabalhar com plantas medicinais, a cor do produto final é um atributo muito importante, ou seja, após realizar determinados tratamentos com a planta, os parâmetros que serão avaliados para o controle de qualidade do produto obtido devem ser mantido o mais próximo possível da planta fresca, retendo, portanto, ao máximo, as cores verdes brilhantes do material fresco inicial, como no caso das folhas de guaçatonga. A variação de cor é avaliada pelos parâmetros L^* , a^* , b^* .

3.1.1. Coordenada L^* : Luminosidade

O valor L^* representa a mudança na luminosidade de uma amostra avaliando o escurecimento das partes aéreas após os tratamentos de secagem e o armazenamento. Os valores da coordenada L^* para as embalagens variaram de 19,82 a 26,32 para vidro, 22,65 a 28,53 para papel, 22,65 a 27,85 para plástico/ papel e 22,65 a 30,52 para plástico durante todo o período de armazenamento para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 4).

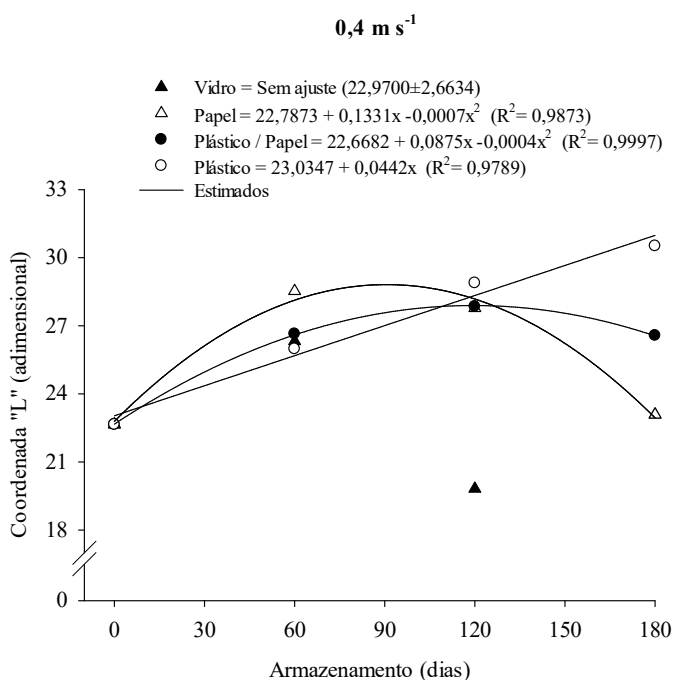


Figura 4. Valores de coordenada “L” do teste de cor para folhas de guaçatonga, secas à temperatura de $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidade do ar de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Não houve ajuste significativo a 5% do modelo regressão polinomial quadrática paraa embalagem de vidro que pudesse descrever o fenômeno. Porém é possível notar que apesar do acréscimo de valor durante os primeiros 120 dias, houve o escurecimento do produto ao final do período de armazenamento.

Para as embalagens do tipo plástica/papel e papel, apesar de ter sido observados um aumento dos valores que indicaram a perda da cor, as folhas voltaram a escurecer ao final do tratamento.

Para a embalagem plástica houve um incremento dos valores para a coordenada L^* indicando uma tendencia a perda da cor das folhas, visto que o parâmetro L^* varia entre zero(preto) a cem (branco).

Para a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ os valores para coordenada “L” para as embalagens variaram de 22,44 a 28,43 para vidro, 21,00 a 27,38 para papel, 22,44 a 27,34 para plástico/ papel e 22,44 a 32,41 para plástico durante todo o período de armazenamento (Figura 5).

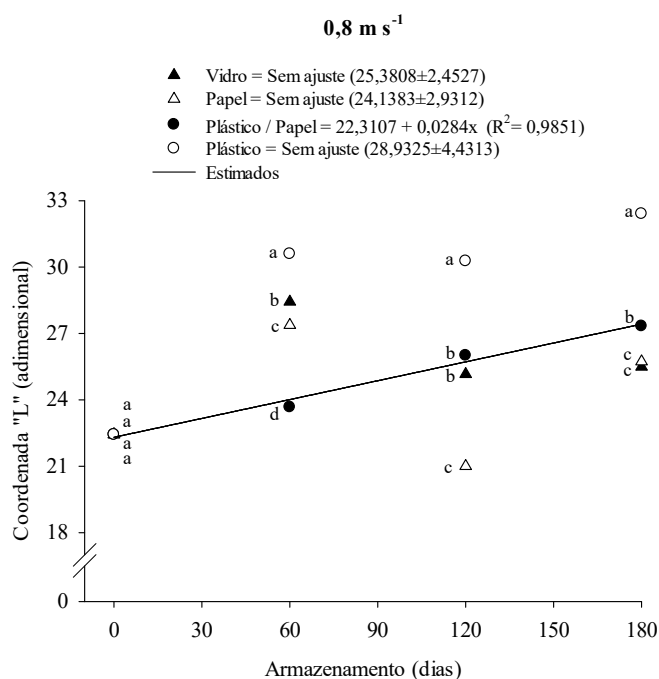


Figura 5. Valores de coordenada “L” do teste de cor para folhas de guaçatonga, secas à temperatura de $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidade do ar de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ e armazenadas por 180 dias.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Os valores obtidos através das amostras acondicionadas em embalagem de plástico/papel demonstraram uma perda da cor ao longo dos 180 dias de armazenamento, já que ocorreu um aumento desses valores para a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$. Para as embalagens de vidro, papel e plástico não foi possível um ajuste significativo a 5% do modelo regressão linear que pudesse descrever o fenômeno, mas é possível observar que ambas perderam a cor.

A perda da cor das folhas ao longo do período de armazenamento acondicionada em diferentes tipos de embalagem também pôde ser observada por Silpa et al. (2019), que ao avaliarem o efeito dos métodos de secagem e armazenamento em diferentes tipos de embalagem sobre as propriedades físico-químicas e composição fitoquímica de *Bacopa monnieri* L., observaram que para a embalagem plástica de polipropileno os valores de luminosidade (L^*) aumentaram após o armazenamento, indicando claramente que o material perdeu a cor com o avanço do tempo de acondicionamento.

A avaliação da coloração é considerada uma prática que pode ser associada a métodos que determinam parâmetros de qualidade de diversos produtos. O consumidor ao observar mudanças de cor muito expressivas em relação a planta fresca, como por exemplo amostras muito escuras ou esbranquiçadas (sem cor), poderá não adquirir o produto por considerar que ao utilizá-lo como forma de tratamento, ele não terá o efeito esperado, já que ao danificar a coloração de uma parte da planta medicinal, muito provavelmente sua composição química passou por alguma alteração, podendo ter interferido nos princípios ativos da mesma (GASPARIN et al., 2014).

3.1.2. Coordenada a^* : Verde- vermelho

Os valores de cor para a coordenada a^* apresentaram valores de -4,70 a -1,84 para vidro, -3,68 a -1,93 para papel, -3,56 a -2,91 para plástico/ papel e -3,00 a -2,50 para plástico durante todo o período de armazenamento para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 6).

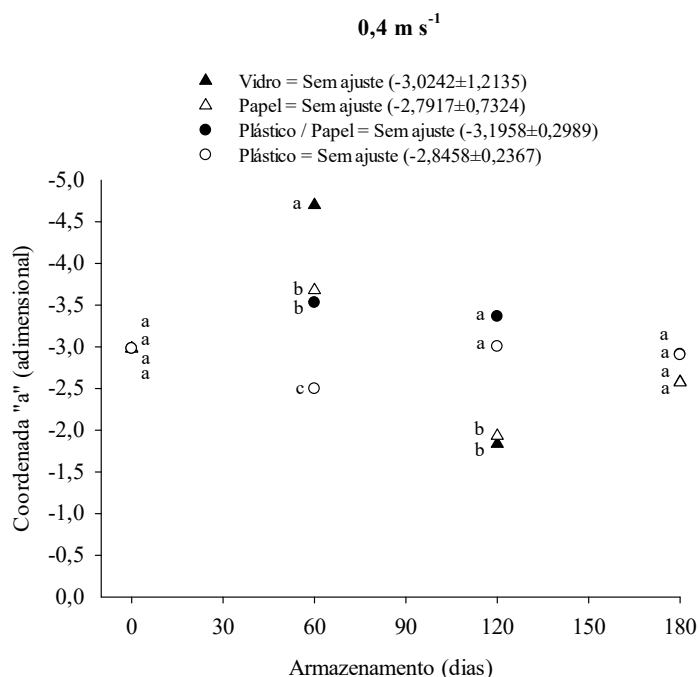


Figura 6. Valores de coordenada “a” do teste de cor para folhas de guaçatonga secas à temperatura de 40 °C e velocidade do ar de 0,4 m s⁻¹ armazenadas durante 180 dias.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Para todos os tipos de embalagens testadas ocorreu variação da cor verde, já que os valores para a coordenada a*, aumentaram ao decorrer do período de armazenamento. Apesar dos dados obtidos não terem apresentado um comportamento definido impossibilitando um ajuste específico, é possível observar que as amostras apresentaram maior degradação da cor aproximando-se mais da tonalidade vermelha. Da mesma forma, em trabalho realizado com *Cymbopogon citratus*, Martinazzo et al. (2006), constataram influência significativa do tempo de armazenamento na perda da cor verde, em diferentes embalagens.

Cardozo et al. (2021), constataram influência significativa do tempo de armazenamento na perda da cor verde da *Ilex paraguariensis*, em diferentes embalagens, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Para a velocidade de 0,8 m s⁻¹ os valores de cor para a coordenada a* apresentaram valores de -3,64 a -1,44 para vidro, -3,64 a -0,22 para papel, -3,64 a -1,71 para plástico/ papele -3,64 a -2,63 para plástico durante todo o período de armazenamento (Figura 7).

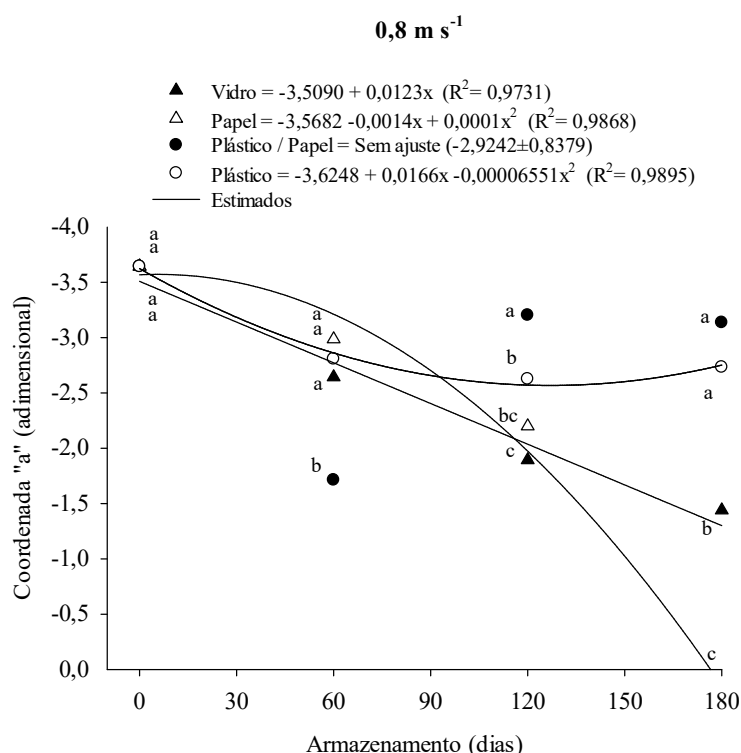


Figura 7. Valores de coordenada “a” do teste de cor para folhas de guaçatonga secas à temperatura de 40 °C e velocidade do ar de 0,8 m s⁻¹, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Os valores obtidos através da secagem realizada a 0,8 m s⁻¹ apresentaram uma maior degradação da cor verde para todas as embalagens testadas. A embalagem do tipo papel expressou valores superiores a zero que indicam a proximidade da cor vermelha, e consequentemente a perda de cor verde. Segundo Jen e Mackinney (1970), citados por Somkuti et al. (2021), a clorofila que é responsável pela cor verde, é sensível a luz e fotodescoloração (branqueamento), sendo este um dos fatores de grande importância quando se trata da degradação. Outro fator a se considerar é o escurecimento não-enzimático que está atribuído às condições de secagem e armazenamento, produzindo uma coloração escura alterando a sua cor. Este tipo de degradação está associado a fatores como teor de umidade, atividade de água, condições do ambiente e tipo de tecido vegetal (INDRAST et al., 2018).

Analisando os valores expressos pela coordenada a*, a velocidade de secagem de 0,8 m s⁻¹, pode-se perceber que o aumento da velocidade resulta em uma maior

deterioração da cor da folha. A elevação da velocidade do ar resulta em maior incidência da taxa de fornecimento de calor, o que favorece a degradação. Ao avaliarem a variação de cor sobre as folhas de louro Soltani et al. (2021), constataram que velocidade do ar de secagem influenciou diretamente a cor do material.

3.1.3. Coordenada b^* : Azul- amarelo

Os valores da coordenada b^* aumentaram com o passar dos 180 dias de acondicionamento (Figura 8).

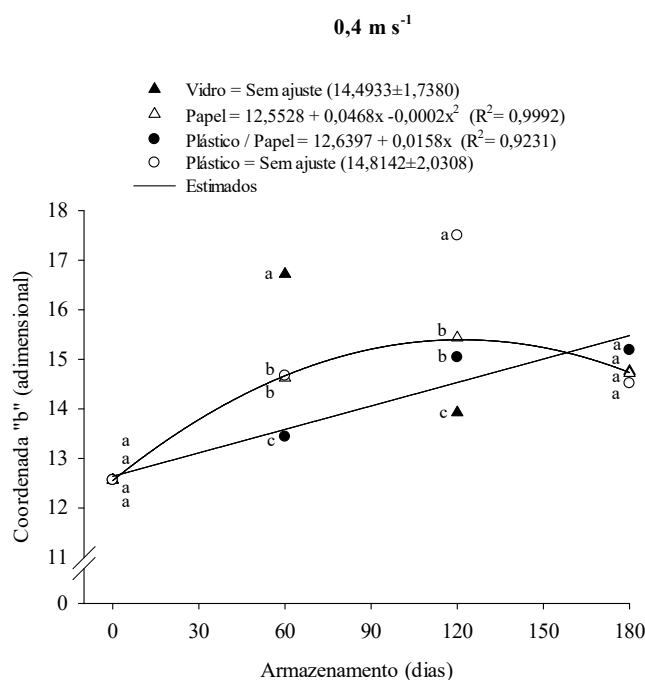


Figura 8. Valores de coordenada “b” do teste de cor para folhas de guaçatonga secas 40 °C e velocidade do ar de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

Foi possível observar uma variação de 12,57 a 16,72 para vidro, de 12,57 a 15,44 para papel, de 12,57 a 15,19 para plástico/papel, e de 12,57 a 17,50 para plástico para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$. A coordenada b^* indica a coloração do azul ao amarelo, sendo que os valores maiores de b^* indicam maior tendência ao amarelo e quanto menor o valor maior a tendência ao azul, essa escala de coloração apresenta valores de negativo a positivo.

Embora os valores médios tenham apresentado oscilações durante o período de

armazenamento, os quatro tratamentos testados apresentaram valores finais significativamente maiores dos que os encontrados no início do experimento sugerindo assim um amarelecimento das folhas. Assim com o aumento do tempo de armazenamento ao fim do período de 180 dias, as folhas ficaram mais amareladas.

Para a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ houve incremento nos valores obtidos para coordenada b^* com o passar dos 180 dias de acondicionamento, variando entre 13,24 a 17,17 para vidro, de 13,24 a 15,25 para papel, de 13,24 a 15,42 para plástico/papel, e de 13,24 a 16,60 para plástico (Figura 9).

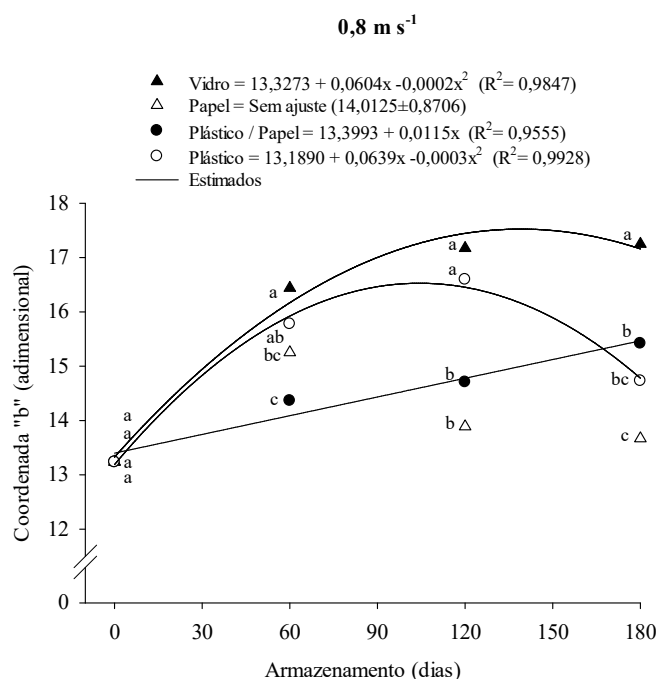


Figura 9. Valores de coordenada “b” do teste de cor para folhas de guaçatonga secas à 40°C e velocidade do ar de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

A regressão apesar das oscilações dos valores médios, apresenta um aumento do valor de b^* para todas as embalagens testadas, onde foi possível o ajuste, sendo essa elevação mais intensa aos 120 dias de armazenagem. E apesar de ter ocorrido redução desses valores para a embalagem de vidro e de plástico, aos 180 dias todas as amostras apresentaram valores superiores aos obtidos no tempo de 0 dias de armazenamento. A ocorrência do aumento de b^* para todos os tratamentos, indica a tendência as folhas ficarem amareladas.

Jiménez-Zamora et al. (2016), ao avaliarem a capacidade antioxidante, fenóis

totais e perfil de cor durante o armazenamento de diferentes plantas medicinais, observaram que 70% das amostras apresentaram aumento nos valores de b^* após três e 6 meses de armazenamento em temperatura ambiente.

Bhupender e Radha (2018), ao acondicionarem plantas medicinais em cinco diferentes materiais de embalagem (fibra de madeira, vidro, acrílico, plástico (PVC) e termocol), verificaram a variação de cores das amostras e a diminuição dos valores do parâmetro b^* .

Durante os ensaios, a deterioração da cor foi identificada também pela perda mais intensa da coloração verde (quantificada através do parâmetro a^*) e aumento do tom amarelado (quantificado pelo aumento do parâmetro b^*). Os aumentos dos valores desses parâmetros aconteceram para as embalagens testadas ao fim dos 180 dias de ensaio (TABELA 3).

Tabela 3. Valores das coordenadas “L*”, “a*” e “b*” para o teste de cor em folhas de guaçatonga secas à 40 °C com velocidades do ar de 0,4 e 0,8 m s⁻¹, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Velocidade do ar de secagem (m s ⁻¹)								
	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
Embalagem	Vidro		Papel		Plástico/ Papel		Plástico	
Armazenamento (Dias)	Coordenada "L" (adimensional)							
0	22,65 A	22,44 A	22,65 A	22,44 A	22,65 A	22,44 A	22,65 A	22,44 A
60	26,32 B	28,43 A	28,53 A	27,38 A	26,64 A	23,68 B	25,98 B	30,60 A
120	19,82 B	25,16 A	27,78 A	21,00 B	27,85 A	26,01 A	29,89 A	30,28 A
180	23,08 B	25,49 A	23,08 B	25,73 A	26,57 B	27,34 A	30,52 B	32,41 A
	Coordenada "a" (adimensional)							
0	-2,98 A	-3,64 B	-2,98 A	-3,64 B	-2,98 A	-3,64 B	-2,98 A	-3,64 B
60	4,70 B	-2,64 A	-3,68 B	-2,99 A	-3,53 B	-1,71 A	-2,50 A	-2,81 A
120	-1,84 A	-1,89 A	-1,93 A	-2,20 A	-3,36 A	-3,20 A	-3,00 B	-2,63 A
180	-2,58 B	-1,44 A	-2,57A	0,22 A	-2,91 A	-3,14 A	-2,90 A	-2,73 A
	Coordenada "b" (adimensional)							
0	12,57 A	13,24 A	12,57 A	13,24 A	12,57 A	13,24 A	12,57 A	13,24 A
60	16,72 A	16,44 A	14,63 A	15,25 A	13,44 B	14,37 A	14,67 B	15,78 A
120	13,93 B	17,17 A	15,44 A	13,89 A	15,04 A	14,71 A	17,50 A	16,60 B
180	14,76 B	17,25 A	14,72 A	13,67 B	15,19 A	15,42 A	14,52 A	14,73 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de t de Student, a 5%.

As médias das velocidades de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹) utilizadas foram comparadas dentro de cada tipo de embalagem (vidro, papel, plástico/papel e plástico) de acondicionamento e tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) através do teste de t de Student, a 5%.

Os valores observados para a embalagem de vidro nas velocidades de 0,4 e 0,8 m s⁻¹ sofreram um incremento durante os primeiros dias de acondicionamento, aumentando de 22,65 (0 dias) para 26,32 (60 dias). Aos 120 dias houve um decréscimo desses valores chegando a 19,82 ocasionando um pequeno escurecimento nas amostras, porém ao término dos 180 dias os valores voltaram a subir (23,08) indicando a perda da cor das folhas com o passar do tempo. Comportamento semelhante foi observado para a embalagem de papel. Para as embalagens de plástico/papel e plástico a tendência ao escurecimento se deu aos 120 dias para a velocidade de 0,4 m s⁻¹ e aos 180 dias para a velocidade de 0,8 m s⁻¹.

Houve variação para todos os parâmetros de cor avaliados. A maioria das médias não apresentaram uma tendência definida, ocorrendo aumento ou diminuição para L*, a* e b* durante todo tratamento sem um padrão definido.

Os resultados da coordenada b* não apresentaram variações significativas em relação à velocidade de secagem (0,4 e 0,8 m s⁻¹). Seria de esperar que ao longo do tempo as amostras secas a menor velocidade tendessem a apresentar um melhor resultado em relação à perda da cor, mas observou-se que o aumento da velocidade não apresentou inferência tão expressiva sobre o parâmetro b*.

O principal objetivo de muitos estudos de secagem de plantas medicinais tem sido melhorar a cor dos produtos secos ou reduzir as mudanças de cor durante a secagem e o armazenamento. A degradação da cor nas ervas secas é provocada pela degradação de pigmentos como a clorofila e antocianina. Outros mecanismos podem estar envolvidos na mudança de cor de folhas, como a conversão de clorofilas em feofitinas, reações enzimáticas e processos não enzimáticos como reação de Maillard (TOMASI et al., 2021). Para as partes verdes de plantas a degradação de clorofilas é a alteração mais comum que pode ocorrer durante o processo de secagem e armazenamento (BARITAUX et al., 1992; THAMKAEW et al., 2020).

Norawanis et al. (2018), ao avaliarem a secagem de folhas de *Orthosiphon stamineus* acondicionadas em diferentes embalagens (saco de plástico, saco de papel e recipiente de vidro) e armazenados em temperatura ambiente observaram que todos os

parâmetros de cor avaliados aumentaram com o incremento do tempo de armazenamento.

Costa et al. (1999) analisaram o efeito da estocagem no desenvolvimento de fungos e as características organolépticas sobre as folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, e verificaram que a embalagem não influenciou nestes parâmetros.

Todas as amostras para as diferentes embalagens e velocidades do ar de secagem exibiram uma tendência de variação semelhante para todos os parâmetros de cor, o que infere que esse fator pode ser influenciado pelo processo de adsorção e dessorção durante o armazenamento (NORAWANIS et al., 2018; RAZAK et al., 2017).

Em mercados especialistas na comercialização de plantas secas, é comum encontrar amostras com aspecto acastanhado, muito escuras ou esbranquiçadas que refletem processos ineficazes de secagem e armazenamento. Um processamento eficaz permite que a parte da planta utilizada preserve a cor, ou seja, se essas partes (folhas, por exemplo) são verdes elas permanecem o mais próximo do verde possível (RODRIGUES-DAS-DORES et al., 2018).

3.2. Análise dos extratos aquosos das folhas de guaçatonga após o armazenamento

3.2.1. Compostos Fenólicos

Durante o período de armazenamento foi possível comparar e observar a influência dos tipos de embalagem sobre o teor de compostos fenólicos para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ (FIGURA 10).

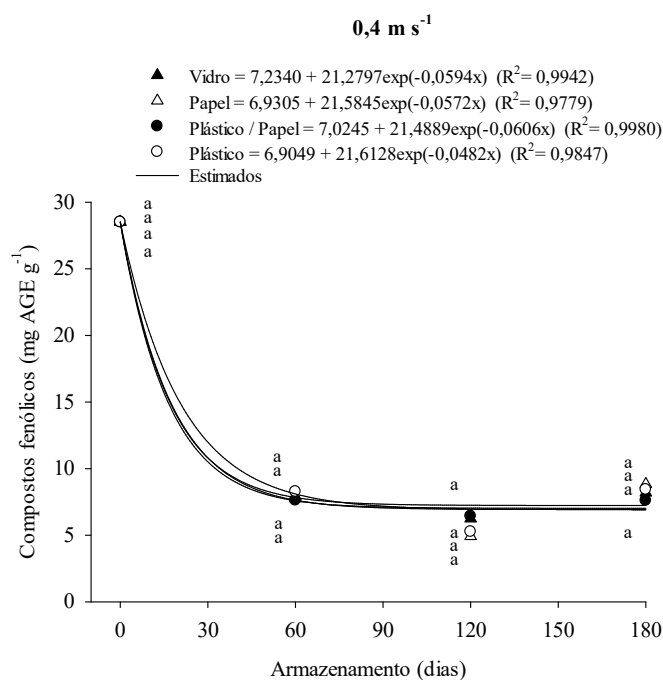


Figura 10. Teores de compostos fenólicos para folhas de guaçatonga secas à 40°C

e velocidade do ar de $0,4 \text{ m s}^{-1}$ e armazenadas durante 180 dias.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Os valores de compostos fenólicos variaram de 28,51 para 8,19 (vidro), 8,83 (papel), 7,60 (plástico/papel) e 8,44 (plástico) para as amostras secas a $0,4 \text{ m s}^{-1}$ do tempo de 0 a 180 dias de acondicionamento em temperatura ambiente.

Os tipos de embalagens utilizadas durante cada período de armazenamento não expressaram efeito significativo sobre o teor de compostos fenólicos. Entretanto pode-se observar através do modelo exponencial que o tempo de armazenamento influenciou diretamente pelo decréscimo acentuado nos valores do teor dos compostos fenólicos do tempode 0 para o de 60 dias. Os compostos fenólicos se mantiveram durante os 180 dias de acondicionamento.

Esse mesmo comportamento pode ser observado para a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, onde o teor de compostos fenólicos não sofreu influência significativa do tipo de embalagem somente do período de tempo de acondicionamento (Figura 11).

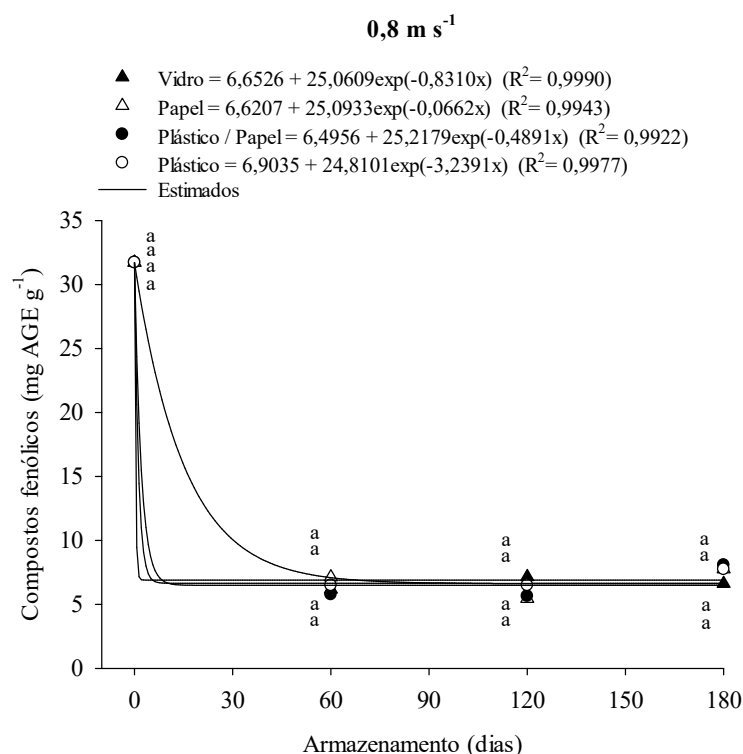


Figura 11. Teores de compostos fenólicos para folhas de guaçatonga, previamente secas artificialmente à temperatura de $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidade do ar de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

Houve um decréscimo nos valores desses compostos no tempo 0 a 60 dias de armazenamento, após esse período o tempo de acondicionamento não ocorreu influência que se possa considerar, mas conforme se pode observar para a velocidade de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, estes compostos também se mantiveram na velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ durante os 180 dias de avaliação. Comportamento semelhante foi observado por Wang et al. (2021), que ao armazenarem folhas secas de *Olea europaea* em embalagem plástica por diferentes períodos (1^a, 3^a, 5^a, 7^a e 9^a semana) e diferentes ambientes, constataram que não houve diferença significativa no conteúdo dos compostos fenólicos (oleuropeína e hidroxitirosol) e que o tipo de embalagem não teve influência durante o período de armazenamento.

Ao secarem folhas de *Orthosiphon stamineus* e armazenarem em embalagens de plástico, papel e vidro, Norawanis, et al. (2018), estudaram o efeito dessas práticas sobre os compostos fenólicos e puderam observar que as amostras acondicionadas em recipientes de vidro apresentaram um decréscimo em relação ao valor inicial.

Barimah et al. (2017), ao estudarem o efeito dos métodos de secagens artificiais e um posterior armazenamento em embalagem plástica do tipo bolsas zip-lock sobre a composição química de folhas de dente-de-leão, perceberam que o conteúdo de compostos fenólicos presentes nas folhas foi significativamente afetado pelos tratamentos, ocorrendo redução do teor desses compostos.

Dziadek et al. (2022), ao avaliarem as mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de *Salvia hispanica* L. sob diferentes condições de secagem (liofilização, secagem natural e secagem a 30, 40 e 50 °C) e armazenamento (3, 6 e 12 meses) verificaram que o armazenamento resultou em uma redução gradual no conteúdo de compostos fenólicos.

Os autores alegam que a principal razão por trás da degradação dos compostos fenólicos é devido a processos com a oxidação e a hidrólise. O armazenamento interfere diretamente na estabilidade dos compostos fenólicos, compostos que podem ser degradados na presença de luz (ALI et al., 2018).

3.2.2. Flavonoides

O teor de flavonoides presentes no extrato aquoso das folhas de guaçatonga secas a 40 °C com a velocidade do ar de secagem de 0,4 m s⁻¹, variou entre 14,465 mg RE g⁻¹ no tempo de 0 dias para 4,132 mg RE g⁻¹ (vidro), 4,457 mg RE g⁻¹ (papel), 3,830 mg RE g⁻¹ (plástico/papel) e 4,253 mg RE g⁻¹ (plástico) no tempo final de 180 dias (FIGURA 12).

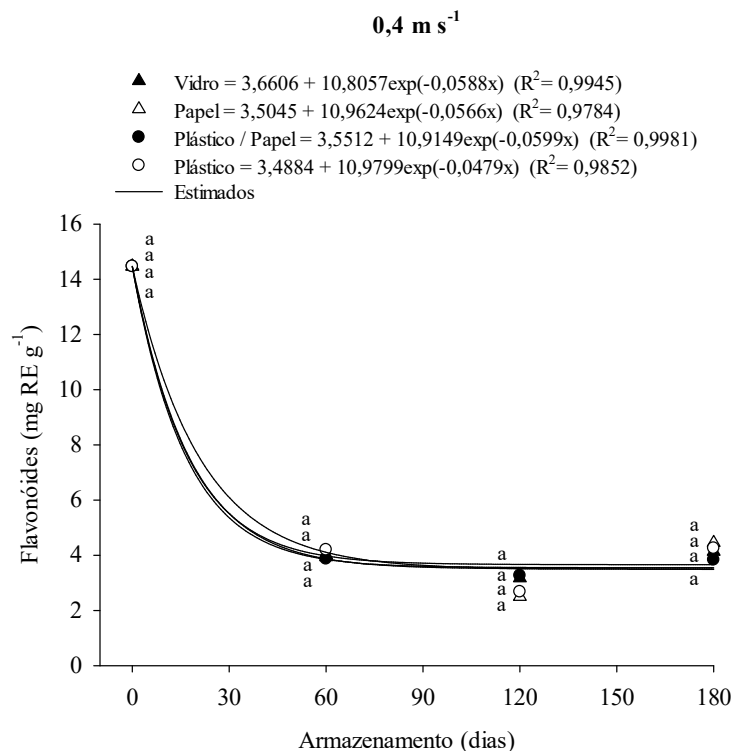


Figura 12. Teores de flavonoides para folhas de guaçatonga previamente secas artificialmente à temperatura de 40 °C e velocidade do ar de 0,4 m s⁻¹, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

O tipo de embalagem não alterou, significativamente, o teor de flavonoides dos extratos aquosos das folhas secas de guaçatonga. O tempo de armazenamento teve influência sobre o teor de flavonoides ocorrendo uma redução nos primeiros dias (0-60 dias) para todos os tipos de embalagens, após esse período não houve redução que possa ser considerada, esse fenômeno pôde ser expresso através do modelo exponencial de decaimento.

A diminuição dos valores de flavonoides apresentou o mesmo comportamento para todos os tipos de embalagens testadas, se mantendo até o final do período de acondicionamento. O mesmo comportamento foi observado para os tratamentos obtidos da secagem realizados a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ (FIGURA 13).

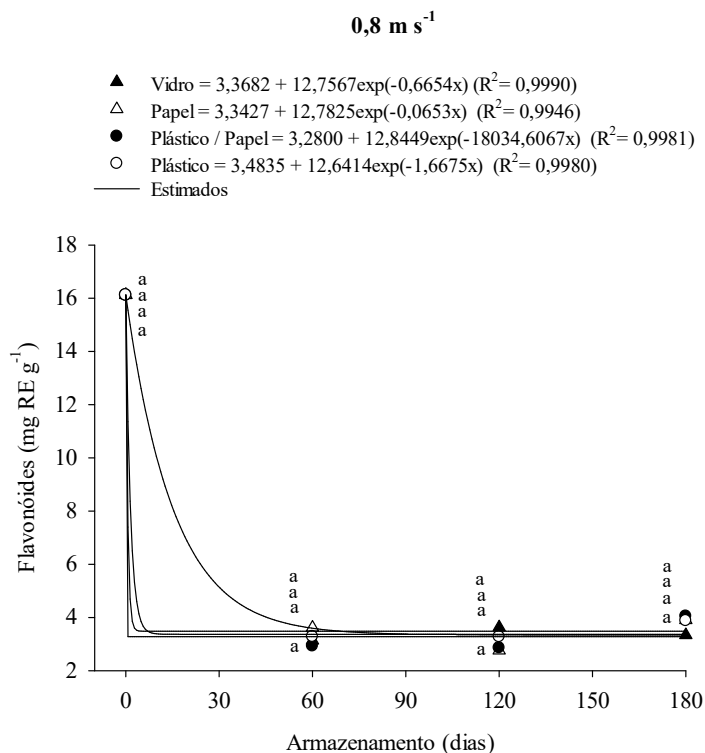


Figura 13. Teores de flavonoides para folhas de guaçatonga previamente secas artificialmente à temperatura de $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidade do ar de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

O teor de flavonoide presente no extrato aquoso das folhas de guaçatonga para a velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, variou entre $16,124 \text{ mg RE g}^{-1}$ no tempo de 0 dias para $3,336 \text{ mg RE g}^{-1}$ (vidro), $3,905 \text{ mg RE g}^{-1}$ (papel), $4,053 \text{ mg RE g}^{-1}$ (plástico/papel) e $3,882 \text{ mg RE g}^{-1}$ (plástico) no tempo final de 180 dias.

O teor de flavonoides dos extratos aquosos obtidos das folhas secas a $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ na velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ e posteriormente acondicionadas, reduziu acentuadamente nos primeiros 60 dias, após esse período os valores se mantiveram constantes e presentes durante 180 dias de avaliação. Esse fenômeno pode ser representado através do modelo exponencial de caimento. Não houve efeito significativo em relação ao tipo de embalagem utilizada nos tratamentos.

As estruturas químicas dos flavonoides são diretamente influenciadas por fatores físico-químicos ambientais, podendo sofrer degradação severa quando expostos à luz e oxigênio (CHAABA et al., 2017).

As práticas de secagem e armazenamento em condições ambientes foram realizadas em folhas de *Lagerstroemia Parviflora*. Posteriormente foi determinada de forma qualitativa e quantitativa os metabólitos secundários presentes nas folhas. A quantidade de flavonoides sofreu uma significativa redução dos seus teores, mas se mantiveram presentes durante todo tratamento de acondicionamento (BHARADWAJ e CHATURVEDI, 2020). Bhorga e Kamle 2019, secaram e armazenaram folhas de *Delonix regia* (Boj. Ex. Hook). Ao fim dos tratamentos verificaram que o teor de flavonoides diminuiu conforme aumentou o tempo de armazenamento.

3.2.3. Atividade antioxidante (DPPH)

A atividade antioxidante, expressa em IC₅₀, dos extratos aquosos obtidos a partir das folhas secas de guaçatonga, submetidas ao processo de secagem com a velocidade do ar de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, não apresentou uma tendência definida o que impossibilitou o ajuste de uma equação de regressão significativa estatisticamente que pudesse representar a influência dos tipos de embalagem sobre o teor de DPPH (FIGURA 14).

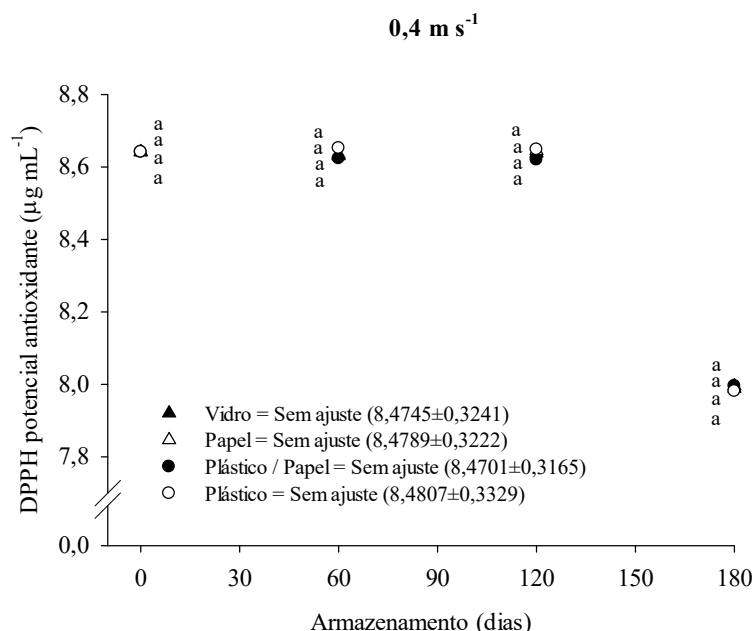


Figura 14. Teores de DPPH para folhas de guaçatonga previamente secas à 40°C e com velocidade do ar de $0,4 \text{ m s}^{-1}$, e armazenadas durante 180 dias.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%

Para os extratos aquosos obtidos através das folhas secas armazenadas de guaçatonga, secas a temperatura do ar de 40 °C, a velocidade do ar de 0,4 m s⁻¹, foram necessários 8,641 µg mL⁻¹ de redução de 50% do DPPH que foram diminuídos para 7,988 µg mL⁻¹ (vidro), 7,995 µg mL⁻¹ (papel), 7,999 µg mL⁻¹ (papel/plástico) e 7,981 µg mL⁻¹ (plástico), para o último tempo de armazenamento 180 dias (FIGURA 14).

Não foi possível um ajuste de regressão significativo sobre a influência do tipo de embalagem sobre o potencial antioxidante durante o armazenamento. Todavia é possível sugerir o efeito do tempo de acondicionamento sobre o DPPH, que se manteve constante nos primeiros 120 dias e reduziu aos 180 dias de armazenamento, para todos tipos de embalagem. Para os tratamentos de armazenamento realizados a partir das folhas secas de guaçatonga através da velocidade do ar de 0,8 m s⁻¹, foram necessários 8,548 µg mL⁻¹ de redução de 50% do DPPH que foram diminuídos para 8,002 µg mL⁻¹ (vidro), 7,878 µg mL⁻¹ (papel), 7,864 µg mL⁻¹ (papel/plástico) e 7,837 µg mL⁻¹ (plástico), para o último tempo de armazenamento 180 dias (FIGURA 15).

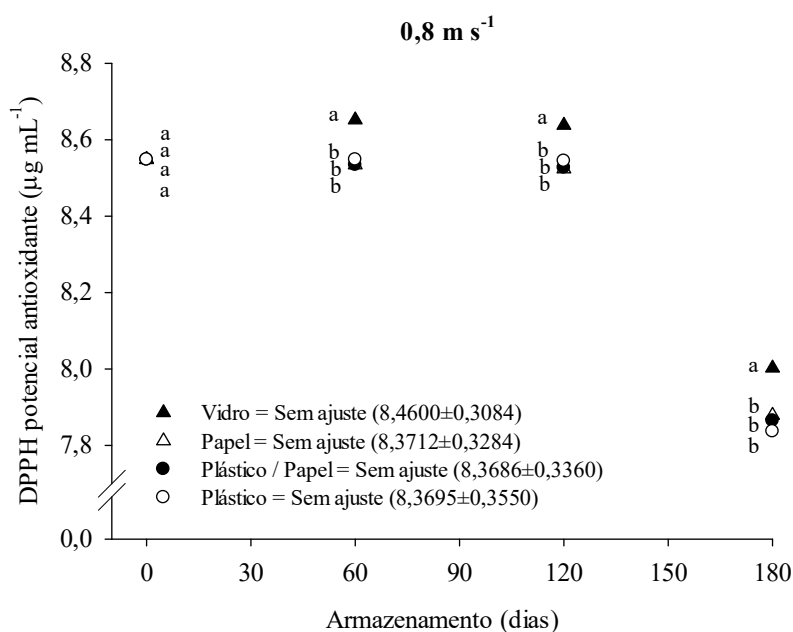


Figura 14. Teores de DPPH para folhas de guacatonga previamente secas à 40 °C com velocidade do ar de 0,8 m s⁻¹ e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural.

Nota* - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Os resultados obtidos para a análise de atividade antioxidante em folhas guaçatonga, apresentaram oscilações, entretanto ao final do experimento os valores foram

inferiores aos encontrados no início.

Apesar de não ter ocorrido uma tendência definida que possibilitasse um ajuste de regressão e que determinasse uma equação para os diferentes tipos de embalagem, o armazenamento realizado em vidro foi que mais conservou os teores de DPPH ao longo dos 180 dias de acondicionamento. Apesar dos valores médios serem próximos, houve um efeito significativo sobre o potencial antioxidante na embalagem de vidro, sugerindo que para o armazenamento feito a partir das folhas secas a velocidade de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ este tipo de embalagem é a mais indicada.

Zamora et al. (2016), relataram diminuição significativa na atividade antioxidante total de 26 variedades de plantas medicinais acondicionadas em embalagens de papel durante três meses de armazenamento em temperatura ambiente. Ao secarem e armazenarem folhas de oliveira Ahmad-Qasem et al. (2016), verificaram que as condições de armazenamento reduziram minimamente o potencial antioxidante dos extratos.

Dziadek et al. (2022), perceberam que o incremento do tempo de armazenamento diminui o potencial antioxidante das folhas de salvia (*Salvia hispanica* L.). Esta perda da atividade antioxidante pode ser atribuída à oxidação dos compostos fenólicos, que pode ocorrer pelas condições de acondicionamento como temperatura e exposição à luz (ALI et al., 2018).

Os antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas por inibição da iniciação ou propagação de reações em cadeia oxidantes. A atividade antioxidante dos compostos fenólicos é principalmente devido às suas propriedades redox, que podem desempenhar um papel importante na adsorção e neutralização de radicais livres, dessa maneira os compostos fenólicos estão intimamente ligados à ação antioxidante em produtos naturais. Fatores como a espécie, método de cultivo, origem geográfica, condições de colheita, processos de armazenamento e processamento, podem influenciar no teor destes compostos (SANTOS et al., 2019).

As substâncias antioxidantes são moléculas naturais encontradas nas plantas que retardam a ação da criação de compostos indesejados agindo assim de forma preventiva através de ações como quelar metais, decompor peróxidos ou até mesmo sequestrando moléculas de oxigênio. Entre esses antioxidantes estão os compostos fenólicos, estes que se subdividem em diversos compostos como por exemplo flavonoides (VELLOSA et al., 2021).

Tabela. 3. Teores de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em folhas de guaçatonga, provenientes de planta fresca (controle) e das folhas secas artificialmente à 40 °C e velocidades do ar de 0,4 e 0,8 m s⁻¹, acondicionadas em diferentes tipos de embalagens e armazenadas durante 180 dias em ambiente natural. Dourados -MS (2022).

Velocidade do ar de secagem (m s ⁻¹)								
	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
Embalagem	Vidro		Papel		Plástico/ Papel		Plástico	
Armazenamento (Dias)	Compostos fenólicos (mg AGE g ⁻¹)							
0	28,51 A	31,71 A	28,51 A	31,71 A	28,51 A	31,71 A	28,51A	31,71A
60	7,89 A	6,18 A	7,76 A	7,14 A	7,76 A	5,77 A	8,28 A	6,48 A
120	6,24 A	7,16 A	4,93 A	5,45 A	6,44 A	5,64 A	5,27 A	6,48 A
180	8,19 A	6,62 A	8,83 A	7,76 A	7,60 A	8,07 A	8,44 A	7,74 A
Flavonoides (mg RE g ⁻¹)								
0	14,47 A	16,12 A	14,47 A	16,12 A	14,47 A	16,12 A	14,47 A	16,12 A
60	4,01 A	3,13 A	3,94 A	3,62 A	3,87 A	2,93 A	4,20 A	3,29 A
120	3,17 A	3,63 A	2,50 A	2,76 A	3,26 A	2,86 A	2,67 A	3,28 A
180	4,13 A	3,34 A	4,46 A	3,91 A	3,83 A	4,05 A	4,25 A	3,88 A
Potencial antioxidante DPPH (µg mL ⁻¹)								
0	8,64 A	8,55 B	8,64 A	8,55 B	8,64 A	8,55 B	8,64 A	8,55 B
60	8,63 A	8,65 A	8,63 A	8,53 A	8,62 A	8,53 A	8,65 A	8,55 B
120	8,64 A	8,64 A	8,64 A	8,52 A	8,62 A	8,53 A	8,65 A	8,54 A
180	7,99 A	8,00 A	8,00 A	7,88 A	8,00 A	7,86 A	7,98 A	7,84 A

*Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de t de Student, a 5%.

Os extratos aquosos obtidos das folhas secas de guaçatonga no tempo 0 de armazenamento possuíam, significativamente, maior teor de compostos fenólicos, flavonoides e potencial antioxidante tanto para as secagens realizadas a velocidade de 0,4 quanto para 0,8 m s⁻¹.

As médias das velocidades de secagem foram comparadas (0,4 e 0,8 m s⁻¹) dentro de cada tipo de embalagem (vidro, papel, plástico/papel e plástico) de acondicionamento e tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) por meio do teste de t de Student, a 5%.

A secagem a 40 °C independente da velocidade do ar de secagem e o posterior armazenamento provocou uma redução acentuada nos teores de compostos fenólicos e flavonoides analisados nos primeiros 60 dias. Somente o potencial antioxidante se apresentou constante desde do tempo de 0 dias até os 180 dias de acondicionamento.

Os compostos fenólicos podem ser termolábeis, se degradando ao sofrerem exposição a temperatura (CHEN e LIN, 2007). Os compostos formados pela degradação

térmica podem ser oxidantes, como subprodutos da reação de Maillard (MADRAU et al., 2009) ou pró- oxidantes (ARABSHAHI-D et al., 2007). Desta forma, a secagem na temperatura de 40 °C pode ter produzido compostos pró-oxidantes ou sem atividade antioxidante que resultaram na perda de atividade antioxidante após a estocagem.

Ao estudarem as alterações e cinética de degradação de alguns compostos bioativos em folhas secas de *Orthosiphon aristatus* durante armazenamento, Klungboonkrong et al. (2018), utilizaram embalagens de polipropileno e polietileno para o acondicionamento das folhas após a secagem e posteriormente essas amostras foram armazenadas em temperatura ambiente e ambientes climatizados por 180 dias. Foi observado que a embalagem plástica de propileno proporcionou uma redução significativa no teor de compostos fenólicos e flavonoides ao fim do tempo de armazenamento.

Srivastava et al. (2017), demonstraram que as condições de armazenamento influenciam diretamente no teor de compostos fenólicos de *Vaccinium corymbosum*, demonstrando a relevância deste processo para preservação destes compostos.

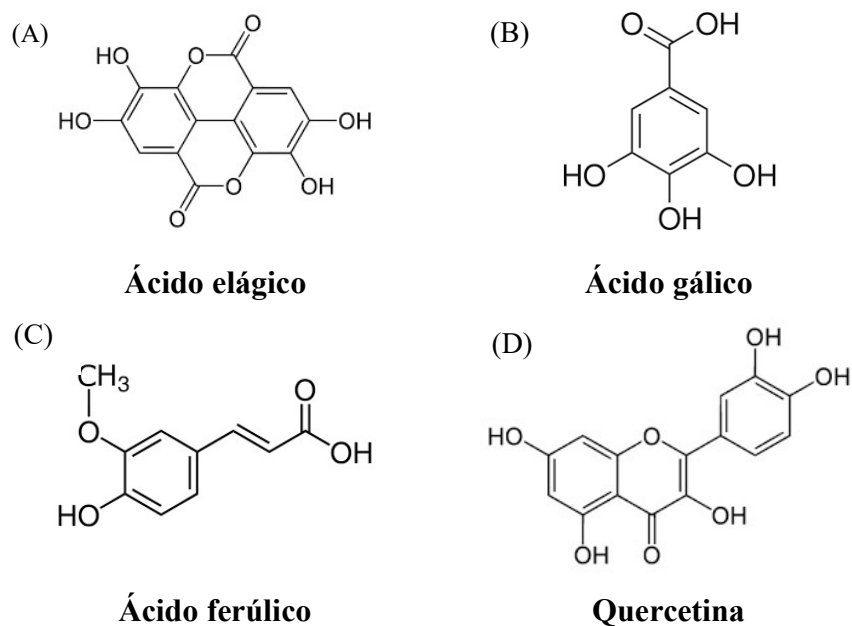
O potencial curativo de muitas espécies medicinais deve-se à compostos bioativos produzidos pelo metabolismo secundário dessas plantas (CARDOSO et al., 2019). As condições de armazenamento influenciam diretamente na quantidade e composição demonstrando a relevância deste processo para preservação destes compostos (SRIVASTAVA et al., 2017).

No caso da guaçatonga as condições escolhidas para os tratamentos de armazenamento permitiram a redução dos compostos avaliados (compostos fenólicos, flavonoides e DPPH) ao fim dos 180 dias de estocagem. Contudo, a redução dos parâmetros avaliados não foi tão elevada quando os teores e potencial antioxidante foram comparados aos determinados no início do tratamento; além disso, apesar da redução dos teores de compostos fenólicos e flavonoides, todos se mantiveram até o final da avaliação. Esses fatores viabilizam as práticas pós colheita para a *C. sylvestris*, já que se trata de uma espécie nativa e de difícil disponibilidade, que demanda um tempo prolongado de cultivo e estabelecimento. Devido a importância das suas características medicinais, as práticas de secagem e armazenamento se mostraram uma alternativa eficaz para oferta e disponibilidade de folhas de guaçatonga ao mercado consumidor.

3.3 Identificação das substâncias dos extratos aquosos das folhas de *C. sylvestris*

Pela análise por cromatografia líquida foi possível identificar a presença de

quatro substâncias nos extratos aquosos das folhas de *C. sylvestris*: ácido elágico (Figura 15 A), ácido gálico (Figura 15 B), ácido ferúlico (Figura 15 C) e quercetina (Figura 15 D).



Os extratos aquosos foram obtidos através das folhas secas em intervalos de 60 dias, por um período total de 180 dias de acondicionamento. A existência das quatro substâncias puderam pôde ser observada em todos os tratamentos durante todo o período de armazenamento (Tabela 4)

Tabela 4. Substâncias químicas e encontradas nos extratos das folhas secas de *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*.

Embalagem	Armazenamento (Dias)															
	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180
	Ác. elágico mg/g				Ác. gálico mg/g				Ác. ferúlico mg/g				quercetina mg/g			
Vidro	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Papel	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plástico/Papel	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plástico	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Todo o período de tempo de armazenamento e todas as embalagens que as amostras foram acondicionadas não interferiram na presença dessas substâncias (Tabela 4). Para todas as extrações realizadas ao longo dos 180 dias o ácido elágico, ácido gálico,

ácido ferúlico e a quercetina demonstraram estar presente em todas as amostras analisadas.

Atualmente alimentos que contêm compostos fenólicos em sua composição têm um destacado interesse devido a seus efeitos favoráveis à saúde humana. Xia et al., ao estudarem o efeito de extratos obtidos de folhas de *C. sylvestris* detectaram a presença do ácido gálico e observaram que estes exibiram um pronunciado efeito quimioterápico contra diferentes linhagens de tumores (XIA et al, 2015).

Kahkeshani e colaboradores (2019), relataram que extratos de plantas medicinais que continham ácido elágico, ácido gálico e ácido ferúlico, demonstraram efeito inibitório significativo contra várias atividades das enzimas PLA2s de veneno de cobra e, portanto, pode ser usada como uma alternativa contra envenenamento. Já Bueno et al. (2016), ao estudarem diferentes espécies de *C. sylvestris* constataram através do método de cromatografia líquida a presença de quercetina nos extratos de folhas de guaçatonga.

As substâncias que estão presentes nos extratos de plantas podem influenciar diretamente nas propriedades medicinais, bem como a qualidade e eficácia dos fitomedicamentos (BUENO et al. 2021).

Além das propriedades medicinais que cada uma das substâncias possuem apresentando efeitos antiinflamatórios, anticancerígenos, antioxidante entre outros, elas servem como marcadores químicos para a diferenciação de espécies.

Para a espécie de *Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*, todas as condições de armazenamento bem como todas as embalagens em que as folhas foram acondicionadas se mostraram eficientes para a conservação das substâncias identificadas, proporcionando diretamente a conservação do potencial medicinal das folhas para um maior tempo de utilização.

4.CONCLUSÕES

Com incremento do tempo de acondicionamento, os valores da coordenada de cor L^* para as velocidades de 0,4 e 0,8 m s^{-1} aumentaram durante os tratamentos de armazenamento.

As coordenadas de cores a^* e b^* tiveram seus valores aumentados conforme ocorreu o incremento no tempo de armazenamento.

Os compostos fenólicos e flavonoides não apresentaram diferença estatística entre os tipos de embalagens testadas, porém ocorreu redução dos seus teores em função do tempo de estocagem.

O potencial antioxidante se manteve constante nos primeiros 120 dias e reduziu após esse período. As embalagens de acondicionamento e armazenamento apresentaram influência sobre o potencial antioxidante somente para as amostras secas a velocidade de 0,8 m s^{-1} .

Foram identificadas quatro substâncias químicas sendo elas o ácido elágico, o ácido gálico, ácido ferúlico e quercetina. Elas se mantiveram presentes durante todo o período de armazenamento.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD-QASEM, M. H; AHMAD-QASEM, B. H; BARRAJÓN-CATALÁN, E; MICOL, V; CÁRCEL, J. A; GARCÍA-PÉREZ, J. V. Drying and storage of olive leaf extracts. Influence on polyphenols stability. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 232–239, 2016. Doi:10.1016/j.indcrop.2015.11.006
- ALI, A; CHONG, C; MAH, S; ABDULLAH, L; CHOONG, T; CHUA, B. Impact of Storage Conditions on the Stability of Predominant Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of *Dried Piper betle* Extracts. **Molecules**, v. 23, n. 2, p. 484, 2018. Doi:10.3390/molecules23020484
- ARABSHAHI-D, D; DEVI, V; UROOJ, A. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1100-1105, 2007. Doi:10.1016/j.foodchem.2005.11.014
- BARIMAH, J; YANNEY, P; LARYEA, D; QUARCOO, C. “Effect of Drying Methods on Phytochemicals, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Dandelion Leaves. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 5, n. 4, p. 136-141, 2017. Doi: 10.12691/ajfn-5-4-4
- BARITAUX, O; RICHARD, H; TOUCHE, J; DERBESY, M. Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, *ocimum basilicum* L. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 7, n. 5, p. 267–271, 1992. Doi:10.1002/ffj.2730070507
- BHORGHA, P. H; KAMLE, S. Comparative Phytochemical Investigation and Determination of Total Phenols and Flavonoid Concentration in Leaves and Flowers Extract of *Delonix regia* (Boj. Ex. Hook). **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 9, n. 4, p. 1034-1037, 2019. Doi:10.22270/jddt.v9i4-s.3761
- BORGES, M. H; SOARES, A. M; RODRIGUES, V. M; ANDRIÃO-ESCARSO, S. H; DINIZ, H; HAMAGUCHI, A; HOMSI-BRANDEBURGO, M. I. Effects of aqueous extract of *Casearia sylvestris* (Flacourtiaceae) on actions of snake and bee venoms and on activity of phospholipases A2. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 127, p. 21–30, 2000. Doi: 10.1016/s0305-0491(00)00237-6.
- BUENO, P. C. P; ABARCA, L. F. S; ANHESINE, N. B; GIFFONI, M. S; PEREIRA, F. M.V; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Intraspecific Chemical Variability and Biological Activity of *Casearia sylvestris* from Different Brazilian Biomes. **Planta Medica**, v.87, p.148– 159, 2021. Doi:10.1055/a-1301-0183
- BUENO, P. C. P; PASSARELI, F; ANHESINE, N. B; TORRES, R. B; CAVALHEIRO, A. J. Flavonoids from *Casearia sylvestris* Swartz variety *lingua* (Salicaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 68, p. 23–26, 2016. Doi:10.1016/j.bse.2016.06.002
- BHARADWAJ, N; CHATURVEDI, A. Qualitative and Quantitative Determination of Secondary Metabolites of *Lagerstroemia Parviflora* Roxb Leaves. **Research jornal Pharmacy and Technology**, v. 13, n. 10, p. 4740-474, 2020. Doi: 10.5958/0974-360X.2020.00835.5

BHUPENDER, O; RADHA, R. P. Quality characteristics of dried medicinal plants as influenced by packaging materials. **Indian Journal of Horticulture**, v. 75, n. 3, p. 498-505, 2018. Doi: 10.5958/0974-0112.2018.00084.1

BRITO, F. C. R; RODRIGUES, P. A. S; LIRA, S. M; PAREDES, P. F. M; CANABRAVA, N. V; SILVA, J. Y. G. Effects of *Cnidioscolus quercifolius* Pohl leaves extracts on glucemia reduction in diabetic mice. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16159-16174, 2022. Doi:10.34117/bjdv8n3-044

CARDOZO, A. G. L; ROSA, R. L; NOVAK, R. S; FOLQUITTO, D. G; SCHEBELSKI, D. J; BRUSAMARELLO, L. C. C; RIBEIRO, D. T. B. . Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – hil.): a comprehensive review on chemical composition, health benefits and recent advances. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e590101120036, 2021. Doi: 10.33448/rsd-v10i11.20036.

COGHE, S; BENOOT, K; DELVAUX, F; VANDERHAEGEN, B; DELVAUX, F. R. Ferulic Acid Release and 4-Vinylguaiacol Formation during Brewing and Fermentation: Indications for Feruloyl Esterase Activity in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 3, p. 602–608, 2004. Doi:10.1021/jf0346556

CONG-CONG, X; BING, W; YI-QIONG, P; JIAN-SHENG, T; TONG, Z. Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. **Chinese Journal of Natural Medicines**, v. 15, n. 10, p. 721-731, 2017. Doi:10.1016/S1875-5364(17)30103-6

CORRÊA JÚNIOR, C; GRAÇA, L. R; SCHEFFER, M. C. **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: EMATER-PR, 2009. p. 95-163.

COSTA, C. C; CASALI, V. W. D; MACEDO, J. A. B. Qualidade de folha de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) após secagem e embalagem. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 1, n. 2, p. 1-5, 1999.

CHEN, Y. T; LIN, K. W. Effects of heating temperature on the total phenolic compound, antioxidative ability and the stability of dioscorin of various yam cultivars. **Food Chemistry**, v. 101, p. 955-963, 2007. Doi:10.1016/j.foodchem.2006.02.045

CHEYNIER, V. Phenolic compounds: from plants to foods. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, p. 153-117, 2012. Doi:10.1007/s11101-012-9242-8

DJERIDANE, A; YOUSFI, M; NADJEMI, B; BOUTASSOUNA, D; STOCKER, P; VIDAL, N. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 654-660, 2006. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.04.028

DZIADEK, K; KOPEĆ, A; DZIADEK, M; SADOWSKA, U; CHOLEWAKOWALSKA, K. The Changes in Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Chia (*Salvia hispanica* L.) Herb under Storage and Different Drying Conditions: A Comparison with Other Species of Sage. **Molecules**, v. 27, p. 1569, 2022. Doi:10.3390/molecules27051569

FERREIRA, R. B; NADALETI, D. H S; SOUZA, B. S; SOUZA P. S. Uso de embalagem e da refrigeração no armazenamento de lichias Bengal. **Revista Científica, Jaboticabal**, v.44, n.3, p.294-299, 2016. Doi: 10.15361/1984-5529.2016v44n3p294-299

GASPARIN, P. P; ALVES, N. C. C; CHRIST, D; COELHO, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.2, p.337-344, 2014. Doi: 10.1590/1983-084X/12_003

GONELI, A. L. D; MARTINS, E. A. S; JORDAN, R. A; GEISENHOF, L. O; GARCIA, R.T. Experimental dryer design for agricultural products. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 5, p. 938-950, 2016. Doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n5p938-950/2016

HUNTER, R.S; HAROLD, R.W. **The Measurement of Appearance**. 2ª edição, 1987. 432 p.

INDRASTI, D; ANDARWULAN, N; PURNOMO, E. H; WULANDARI N. Stability of Chlorophyll as Natural Colorant: A Review for Suji (*Dracaena Angustifolia* Roxb.) Leaves' Case. **Current Research Nutrition Food Science**, v. 3, 2018. Doi: 10.12944/CRNFSJ.6.3.04

JIMÉNEZ-ZAMORA, A; DELGADO, A. C; HENARES, R. J. A. Antioxidant capacity, total phenols and color profile during the storage of selected plants used for infusion. **Food Chemistry**, v.199, p.339–346, 2016. Doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.01

KAHKESHANI, N; FARZAEI, F; FOTOUHI, M; ALAVI, S.S; BAHRAMSOLTANI, R; NASERI, R; MOMTAZ, S; ABBASABADI, Z; RAHIMI, R; FARZAEI, M.H. Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: a mechanistic review. *Iran. J. Basic Med. Sci*, v. 22, p.225–238, 2019. Doi: 10.22038/ijbms.2019.32806.7897

KUMARAN, A; KARUNAKARAN, R. J. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. **Food Chemistry**, v. 97, p. 109-114, 2006. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.03.032

KLUNGBOONKONG, V; LAMSAL, B. P; PHOUNGCHANDANG, S. Changes and degradation kinetics of some bioactive compounds in dried *Orthosiphon aristatus* (Java tea) leaves during elevated temperature storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2018. Doi:10.1002/jsfa.9268

MADRAU, M. A; PISCOPO, A; SANGUINETTI, A. M; CARO, A.; POIANA, M; ROMEO, F. V; PIGA, A. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. **European Food Research and Technology**, v. 228, p. 441-448, 2009. Doi:10.1007/s00217-008-0951-6

MARTINAZZO, A. P; CORRÊA, P. C; RESENDE, O; MELO, E. de C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 301–306, 2007. Doi:10.1590/s1415-43662007000300009

MURAKAMI, M; YAMAMOTO, K; TAKETOMI, Y. Phospholipase A2 in skin biology: new insights from gene-manipulated mice and lipidomics. **Inflammation and Regeneration**, v. 38, n. 1, 2018. Doi:10.1186/s41232-018-0089-2

MOURA L. F. W. G; OLIVEIRA, M. V; LÔ, M. .M; RIBEIRO, A. P C; LIMA, D.R. Isolamento e identificação de fungos associados às plantas medicinais nativas da caatinga da região dos Inhamuns, Tauá, Ceará, Brasil. **Essentia Sobral**, v. 17, n. 2, p. 43-63, 2016.

NAEIMI, A. F; ALIZADEH, M. Antioxidant properties of the flavonoid fisetin: An updated review of *in vivo* and *in vitro* studies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 70, p. 34- 44, 2017. Doi:10.1016/j.tifs.2017.10.003

NORAWANIS, A. R; SHAARI, A. R.; LENG, L. Y. Effect of Packaging Materials on Orthosiphon Stamineus Dried-Leaf Quality During Storage. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v.318, 012010, 2018. Doi:10.1088/1757-899x/318/1/012010

OLIVEIRA, H. B. M; BASTOS, I. **Plantas Medicinais e Aromáticas: do Cultivo ao Fitoterápico**. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2017. 239p.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos *naturais in vitro* pelo método do DPPH: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17,n. 1, p. 36-44, 2015.

OLIVEIRA NETA, F. B; SILVA, M. G; MEDEIROS, A. C; MARACAJA, P. B; ARAUJO, A. R; SOUSA, P. E. C; MELO, E. R; LINHARES, R.S. As plantas medicinais no contexto agroindustrial INTESA – **Informativo Técnico do Semiárido** (Pombal-PB), v.13, n 1, p. 33-39, 2019.

OLSZOWY, M. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 144, p. 135-143, 2019. Doi:10.1016/j.plaphy.2019.09.039

ÖZDEMİR, M; DEVRES; Y O. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 42, n. 4, p. 225-233, 1999. Doi:10.1016/s0260-8774(99)00126-0

PIOVEZAN, A. P; BATISTI, A. P; BENEVIDES, M. L. A. C. S; TURNES, B. L; MARTINS, D. F; KANIS, L; PERRETTI, M. Hydroalcoholic crude extract of *Casearia sylvestris* Sw. reduces chronic post-ischemic pain by activation of pro-resolving pathways. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 204, p.179–188, 2017. Doi:10.1016/j.jep.2017.03.059

RAZAK, N. A; SHAARI, A. R; SHARIFF, N. A. M; LENG, L. Y. Effect of Moisture Sorption Behavior on Color Quality of *Cassia Alata* Leaves. **MATEC Web of Conferences**, v. 97, 01060, 2017. Doi:10.1051/mateconf/20179701060

RODRIGUES-DAS-DORES, R. G; BASTOS, J. C. S. A; XAVIER, V. F; MARQUES, F. S; FINGER, F. L; CASALI, V. W.D. Evaluation of the storage and drying processes of *Melissa officinalis* L. leaves. **Journal of Stored Products and Postharvest Research**

v. 9, n. 8, p. 98-103, 2018. Doi: 10.5897/JSPPR2018.0269

SANTOS, K. B; TONIN, L. T. D. Estudo da influência da temperatura de secagem e solvente extrator na capacidade antioxidante de folhas *Plantago major*. **Revista Fitos**, V. 9; N. 13, P. 200-211, 2019. Doi: 10.32712/2446-4775.2019.827

SEVERO, J; LIMA, C. S. M; COELHO, M. T; RUFATTO, A. R; ROMBALDI, C. V; SILVA, J. A. Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de physalis (*Physalis peruviana*, L.) durante o amadurecimento e o armazenamento. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 16, n. 1-4, p. 77-82, 2010.

SILPA, S. G; SMITHA, G. R; SADANANDA, G. K; RANJITHA, K; MALLIKARJUNA GOWDA A.P; UMESHA, K. Effect of drying and packaging methods on physico-chemical and phytochemical composition of Brahmi (*Bacopa monnieri* L.) with respect to shelf life enhancement. **Medicinal Plants**, v. 11, n. 1, p. 73-83, 2019. Doi: 10.5958/0975-6892.2019.00010.8

SILVA NETO, I. F; LIMA, R. S; SANTOS, I. T; LIMA, E. V. M; BARBOSA, F. E. V. Variáveis interferentes, composição fitoquímica e atividades biológicas da Fava D'anta: uma revisão de literatura. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, p. 2433-2441, 2021. Home page: <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>

SOLTANI, A; AZZOUZ, S; ROMDHANA, H; GOIJOT, D; EL CAFSI, M. A. Multi-response optimization of drying process parameters for *Laurus Nobilis*. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 22, 100302, 2021. Doi:10.1016/j.jarmap.2021.100302

SOMKUTI, P; O'DELL, C. W; CROWELL, S; KÖHLER, P; MC GARRAGH, G. R; CRONK, H. Q; BURGH, E. B. Solar-induced chlorophyll fluorescence from the Geostationary Carbon Cycle Observatory (GeoCarb): An extensive simulation study. **Remote Sensing of Environment**, v. 263, p. 112565, 2021. Doi:10.1016/j.rse.2021.112565

SRIVASTAVA, A; AKOH, C. C; YI, W; FISCHER, J; KREWER, G. Effect of storage conditions on the biological activity of phenolic compounds of blueberry extract packed in glass bottles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 2705-2713, 2017. Doi:10.1021/jf062914w

SYTAR, O; HEMMERICH, I; ZIV CAK, M; RAUH, C; BRESTIC, M. Comparative analysis of bioactive phenolic compounds composition from 26 medicinal plants. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 25, p. 631-641, 2018. Doi:10.1016/j.sjbs.2016.01.0361

TOMASI, J. C; DE LIMA, G. G; WENDLING, I; HELM, C. V; HANSEL, F. A; GODOY, R. C. B; DESCHAMPS, C. Effects of different drying methods on the chemical, nutritional and colour of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. **International Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 7, p. 551-560, 2021. Doi:10.1515/ijfe-2020-0312

THAMKAEW, G; SJÖHOLM, I; GALINDO, F. G. A review of drying methods for

improving the quality of dried herbs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p.1–24, 2020. Doi:10.1080/10408398.2020.1765309

VATTEM, D. A; SHETTY, K. Biological functionality of ellagic acid: a review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 29, n. 3, 2004. Doi: 10.1111/j.1745-4514.2005.00031.x

VELLOSA, J. C. R; BIAVATTI, M; FRANÇOIA, P. C. O; MELLO, B. J; ALMEIDA, A. C; BUENO, G. E. Estresse Oxidativo: Uma Introdução Ao Estado Da Arte / Oxidative Stress: anIntroduction To the State of Art. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 10152– 10168, 2021. Doi:10.34117/bjdv7n1-688

VICENTE, O; BOSCAIU, M. Flavonoids: Antioxidant compounds for plant defence... and for a healthy human diet. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v. 46, n. 1, p. 14-21, 2018. Doi:10.15835/nbha45210992

XIA, L; GUO, Q; TU, P; CHAI, X. The genus Casearia: a phytochemical and pharmacological overview. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 1, p. 99–135, 2015. Doi:10.1007/s11101-014-9336-6

ZAMORA, J. A; ANDRADE, D. C; RUFÍAN, H. J.A. Antioxidant capacity, total phenols and color profile during the storage of selected plants used for infusion. **Food Chemistry**, v.199,p.339–346, 2016. Doi: 10.1016/j.foodchem.2015.12.019

ZUANAZZI, J. A. S; MONTANHA, J. A; ZUCOLOTO, S. M; SIMÕES, C. M. O; SCHENKEL, E. P; DE MELLO, J. C. P; MENTZ, L. A; PETROVICK, P. R. **Flavonoides In: Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Artmed Editora, 2016.

WANG, B; SHEN, S; QU, J; XU, Z; FENG, S; CHEN, T; DING, C. Optimizing total phenolic and oleuropein of chinese olive (*Olea europaea*) leaves for enhancement of the phenols content and antioxidant activity. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 686, 2021. Doi: 10.3390/agronomy11040686

YAMASSAKI, F. T; CAMPESTRINI, L. H; ZAWADZKI-BAGGIO, S. F; MAURER, J. B. B. AVOCADO LEAVES: Influence of drying process, thermal incubation, and storage conditions on preservation of polyphenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food Properties**, p.1–14, 2017. Doi:10.1080/10942912.2017.1369105