
ECOLOGIA

EDOARDO RODRIGUES DE ALMEIDA PASTOVA

**CARACTERIZAÇÃO E RENDIMENTO DOS ÓLEOS
ESSENCIAIS EXTRAÍDOS DO RESÍDUO SÓLIDO DA
INDÚSTRIA DOS SUCOS CÍTRICOS**



Rio Claro
2021

EDOARDO RODRIGUES DE ALMEIDA PASTOVA

CARACTERIZAÇÃO E RENDIMENTO DOS ÓLEOS
ESSENCIAIS EXTRAÍDOS DO RESÍDUO SÓLIDO DA
INDÚSTRIA DOS SUCOS CÍTRICOS

Orientador: Antonia Marli dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Ecólogo.

Rio Claro
2021

P293c Pastova, Edoardo Rodrigues de Almeida
Caracterização e rendimento dos óleos essenciais extraídos do resíduo sólido da indústria dos sucos cítricos / Edoardo Rodrigues de Almeida Pastova. -- Rio Claro, 2021
27 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientadora: Antonia Marli dos Santos

1. Resíduos industriais. 2. Alimentos Indústria. 3. Compostos aromáticos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

A educação não transforma o mundo
Educação muda as pessoas
Pessoas transformam o mundo.
Paulo Freire.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Pfra. Dra. Antonia Marli dos Santos pela oportunidade de desenvolver esse projeto com um tema que mudou minha vida pessoal e profissional, por toda a dedicação e paciência.

Agradeço à toda a minha família, minha mãe, meu pai e meu irmão, e principalmente meus avós, Eduardo Almeida e Maria José Rodrigues, por sempre acreditarem em mim e me apoiar em toda essa trajetória, sem vocês nada seria possível. Agradeço a minha vó por sempre me escutar e ser a minha protetora, sem as suas orações eu não estaria aqui. Digo que toda essa distância valeu a pena e que vocês podem sempre contar comigo.

Agradeço especialmente a meu avô, por todo o suporte e por me incentivar a seguir o caminho da Ecologia, fazendo com que eu tenha contato com a natureza desde criança. Prometo honrar seu nome e levar todos os ensinamentos para as próximas gerações. Concluir esse curso me fez enxergar o mundo de uma forma diferente e levarei isso para a minha vida toda, sempre lembrando de você.

Agradeço a minha companheira Elisabete Lorette, que esteve ao meu lado e sempre me ajudou. Com você ao meu lado tudo se tornou mais fácil, você é a parte que me completa. Espero que nosso relacionamento dure a vida inteira.

Agradeço ao meu gato Maldinho, que ficou ao meu lado toda essa trajetória, me trazendo alegria e energias positivas.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante o curso, especialmente das turmas de 2014, 2015 e 2016. Vocês são pessoas que pretendo levar para vida toda e eu sempre lembrarei de todas as risadas que compartilhamos. Queria poder voltar no tempo para presenciar tudo o que eu vivi com vocês novamente. São lembranças que jamais esquecerei.

Agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Estadual Paulista de Rio Claro que acompanharam a minha jornada. É com grande emoção que me despeço dessa faculdade tão querida. Obrigado por tudo UNESP!

RESUMO

Nos últimos anos aumentaram os estudos referentes as tecnologias de aproveitamento de resíduos sólidos, nos mais diversos setores industriais (FERNANDES et al., 2015). A conversão de resíduos em matéria-prima secundária para a produção de subprodutos que apresentem interesse comercial, pode ser feita através de processos sustentáveis e de baixo impacto ambiental. Como exemplo, temos a transformação da biomassa derivada das cascas de citrinos em óleos essenciais, sendo uma alternativa rentável, que pode ser utilizada pela indústria do suco para o aproveitamento dos resíduos resultantes do processamento (FERNANDES et al., 2013; REZZADORI et al., 2012). O objetivo desse estudo foi avaliar o rendimento médio e caracterizar os óleos essenciais extraídos das três variedades de limão mais utilizadas na indústria e comércio do suco: *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti), *Citrus limon* (L.) Burm F. (limão siciliano) e *Citrus aurantifolia* (limão-galego), fornecendo um panorama sobre a técnica de extração de hidrodestilação e a viabilidade do processo. A extração de óleos essenciais a partir do processamento das cascas apresentou um bom rendimento, estando de acordo com a literatura. A técnica de hidrodestilação por arraste a vapor empregada nas extrações, gerou bons resultados, confirmando ser uma técnica viável e simples. As variedades de limão estudadas possivelmente apresentaram diferença no rendimento devido a fatores genéticos, além de fatores ambientais e agrícolas relacionados a origem da matéria. O limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Burm F) provavelmente rendeu maiores resultados devido a estrutura morfológica de sua casca, que lhe confere uma espessura maior em relação as outras. O limão-galego (*Citrus aurantifolia*) foi a variedade que apresentou menor rendimento, porém essa variedade é utilizada em menor escala na indústria.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Indústria do suco. Óleos essenciais.

ABSTRACT

In recent years, studies on technologies for the use of solid waste have increased in the most diverse industrial sectors (FERNANDES et al., 2015). The conversion of waste into secondary raw material for the production of by-products that are of commercial interest, can be done through sustainable processes with low environmental impact. As an example, we have the transformation of biomass derived from citrus peels into essential oils, being a profitable alternative, which can be used by the juice industry to take advantage of the waste resulting from processing (FERNANDES et al., 2013; REZZADORI et al., 2012). The objective of this study was to evaluate the average yield and to characterize the essential oils extracted from the three lemon varieties most used in the juice industry and trade: *Citrus latifolia* Tanaka (Persian Lime), *Citrus limon* (L.) Burm F. (Sicilian Lemon) and *Citrus aurantifolia* (Key Lime), providing an overview of the hydrodistillation extraction technique and the viability of the process. The extraction of essential oils from the peel processing showed a good yield, in accordance with the literature. The steam drag hydrodistillation technique used in the extractions, generated good results, confirming to be a viable and simple technique. The lemon varieties studied possibly showed differences in yield due to genetic factors, in addition to environmental and agricultural factors related to the origin of the material. Sicilian lemon (*Citrus limon* (L.) Burm F) probably yielded greater results due to the morphological structure of its peel, which gives it a greater thickness compared to the others. The Key Lime (*Citrus aurantifolia*) was the variety that showed the lowest yield, however this variety is used on a smaller scale in the industry.

Keywords: Solid waste. Juice industry. Essential oils.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Flavedo da amostra da variedade *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) separado das demais partes da matéria e flavedo já processado e triturado ... 13**
- Figura 2 – Esquema demonstrativo do sistema de hidrodestilação por arraste a vapor laboratorial 14**
- Figura 3 – Balão de destilação com a matéria da amostra de *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) já inserida em conjunto com água destilada 15**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volume e rendimento médio das extrações dos óleos essenciais das variedades cítricas amostradas 18

Tabela 2 – Rendimento total dos óleos essenciais obtidos em relação a quantidade total de matéria utilizada nas extrações 18

Tabela 3 – Valores das densidades dos óleos essenciais obtidos 19

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Coleta do material.....	12
3.2 Preparo do material	12
3.3 Extração dos óleos essenciais	13
3.4 Análises dos óleos essenciais	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÃO	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

O aumento na geração de resíduos sólidos, bem como a destinação final não adequada, atualmente está entre os principais problemas ambientais relacionados a produção industrial. Consequentemente, nos últimos anos, aumentaram os estudos referentes as tecnologias de aproveitamento de resíduos sólidos, nos mais diversos setores industriais (FERNANDES et al., 2015). A conversão de resíduos em matéria-prima secundária para a produção de subprodutos que apresentem interesse comercial, pode ser feita através de processos sustentáveis e de baixo impacto ambiental. Como exemplo, temos a transformação da biomassa derivada das cascas de citrinos em óleos essenciais, sendo uma alternativa rentável, que pode ser utilizada pela indústria do suco para o aproveitamento dos resíduos resultantes do processamento (FERNANDES et al., 2013; REZZADORI et al., 2012).

No caso da indústria dos sucos cítricos, o volume de resíduos sólidos gerados representa em média 45% do volume total do fruto utilizado no processo de fabricação do produto (MENDONÇA, et al., 2006). Os processos industriais de um modo geral produzem resíduos, que muitas vezes não são corretamente aproveitados, se transformando em rejeitos. Com o aumento da produção industrial alimentícia, o descarte dos rejeitos provenientes do processamento de frutas comestíveis para a fabricação de alimentos e sucos, representa um enorme problema ambiental para o mundo (KOBORI & JORGE, 2005).

Os subprodutos desse setor industrial geralmente são propensos a degradação microbiológica por serem partes vegetais, como sementes e cascas, além dos processos de secagem, armazenamento e transporte serem um fator financeiro limitante (KOBORI & JORGE, 2005; SCHIEBER et al., 2001). Em contrapartida, a extração de óleos essenciais pode ser efetuada com os resíduos ainda *in natura*, ou seja, resíduos que ainda não foram submetidos ao processo de secagem, o que diminui o custo e o tempo do procedimento como um todo.

Caracterizados como compostos aromáticos e voláteis (LEÃO, 2015), os óleos essenciais estão armazenados em glândulas conhecidas como tricomas globulares, que estão concentradas no flavedo da casca, no caso das frutas cítricas (FERNANDES et al., 2013), porém estão presentes em outras estruturas também. Esses compostos caracterizam o aroma específico de cada espécie vegetal, desempenhando um papel importante na percepção do sabor e do olfato. Em outras

espécies vegetais, os óleos essenciais produzidos podem se concentrar em outras estruturas, como flores, folhas, raízes, cascas etc. (BIZZO et al., 2009). Essas partes vegetais são as fontes para extração de inúmeros compostos biologicamente ativos presentes na composição dos óleos essenciais (OLIVEIRA et al., 2006).

Produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, os óleos essenciais são compostos majoritariamente por terpenóides voláteis (BUSATO et al., 2014). Os óleos essenciais derivados da laranja e do limão apresentam como principal constituinte o limoneno (JÚNIOR & PASTORE, 2007), um terpeno com grande aplicação industrial, que é amplamente utilizado na indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos. O limoneno geralmente é o responsável pela ação terapêutica de diversas plantas medicinais (GOULART et al., 2018; SILVA et al., 2014), apresentando atividade antibacteriana (GOULART et al., 2018), ação gastroprotetora (ROZZA, 2009), atividade fungitóxica (GOMES, 2011), atividade antioxidante (FERRONATO & ROSSI, 2018), entre outras propriedades. Porém, vale ressaltar que nem sempre o elemento majoritário presente é o principal responsável pelas propriedades que o óleo essencial apresenta (MACHADO & JUNIOR, 2011; BANDONI & CZEPAK, 2008).

Os óleos essenciais são caracterizados em sua maioria como produtos com grande potencial terapêutico e farmacológico (MACHADO & JUNIOR, 2011; EDRIS, 2007). Atualmente são usados na indústria cerca de 300 tipos de óleos essenciais com amplo interesse econômico, compostos por diversos componentes moleculares distintos (GONÇALVES & GUZZELLI, 2014). Os procedimentos mais comuns realizados para a extração desses compostos geralmente são a hidrodestilação por arraste a vapor e a extração por solvente (PIRES et al., 2018), variando de acordo com a estrutura vegetal em que os óleos essenciais estão concentrados. O método e a estrutura vegetal utilizados para a extração apresentam influência nas características químicas do óleo (BUSATO et al., 2014; CASSEL et al., 2009) e no rendimento obtido (FERNANDES et al., 2013).

Em escala industrial, os óleos essenciais presentes nas cascas de frutas cítricas também são extraídos pelo processo de prensagem a frio (GONÇALVES & GUZZELLI, 2014), método que facilita a extração durante o processamento do suco (FERHAT et al., 2007). Quando são extraídos pelo método de destilação por arraste a vapor, a água separada que sobra no fim do processo contém uma concentração de moléculas ativas, sendo conhecida como água floral, subproduto que também

apresenta interesse econômico. Alguns métodos de extração mais simples, com o intuito de baratear o custo do processo, podem comprometer a qualidade do óleo extraído (BORSATO et al., 2008).

Um fator que pode ser determinante no rendimento dos óleos essenciais é a espécie utilizada no processo de extração, pois algumas espécies vegetais produzem maiores quantidades desses compostos quando comparadas a outras (BAKKALI et al., 2008). Além disso, a produção de óleos essenciais pelas plantas é fortemente influenciada por fatores ambientais, como luz, temperatura e umidade, e por fatores agrícolas relacionados ao sistema de cultivo e a colheita (BLANK et al., 2007). Até mesmo a idade de uma planta, pode interferir no rendimento do óleo essencial obtido (GONÇALVES & GUAZZELLI, 2014).

Devido ao enorme potencial de produção agrícola e a grande biodiversidade do país, atualmente o Brasil se destaca no mercado de óleos essenciais, estando entre as principais atividades de exportação (SILVEIRA et al., 2012). O Brasil é considerado o segundo maior produtor mundial de frutas do gênero *Citrus* e terceiro maior exportador de óleos essenciais atualmente, sendo que 90% dessas importações são de óleos de frutas cítricas (SIMAS et al., 2015), principalmente de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Burm F.) e toranja (*Citrus paradisi* Macfady) (BIZZO et al., 2009).

Dentro desse cenário, o objetivo desse estudo foi avaliar o rendimento médio e caracterizar através da análise de parâmetros físicos os óleos essenciais extraídos das três variedades de limão mais utilizadas na indústria e comércio do suco: *Citrus latifolia* (limão-taiti), *Citrus limon* (L.) Burm F. (limão siciliano) e *Citrus aurantifolia* (limão-galego), fornecendo um panorama sobre a técnica de extração de hidrodestilação e a viabilidade do processo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal desse estudo foi avaliar o rendimento dos óleos essenciais extraídos das três variedades de limão mais utilizadas na indústria do suco (*Citrus aurantifolia*, *Citrus latifolia* Tanaka e *Citrus limon* (L.) Burm F.) através do método de hidrodestilação.

2.2 Objetivos Específicos

Extrair o óleo essencial das três variedades de limão selecionadas através da técnica de hidrodestilação;

Definir o volume obtido;

Calcular e comparar o rendimento dos óleos essenciais;

Caracterizar os óleos essenciais através do cálculo dos valores de densidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta do material

A matéria foi recolhida no mês de dezembro em uma empresa produtora de sucos e extratos de frutas cítricas localizada em Pindorama-SP. Essa empresa cedeu uma quantidade de cascas *in natura*, ou seja, ainda não submetidas ao processo de secagem, das três variedades de limão escolhidas para o estudo: *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti), *Citrus limon* (L.) Burm F. (limão siciliano) e *Citrus aurantifolia* (limão-galego). Por ser propenso a degradação microbiológica, todo o material recolhido foi devidamente transportado e armazenado, evitando o comprometimento das cascas.

3.2 Preparo do material

O flavedo presente na casca do material cedido foi a matéria utilizada para as destilações, pois nessa estrutura vegetal estão concentrados em maior volume os óleos essenciais da família vegetal escolhida para o estudo (FERNANDES et al., 2013). Essa estrutura corresponde somente a parte superficial da casca, que representa a coloração externa do fruto. A matéria foi devidamente tratada e o flavedo presente na casca dos frutos foi separado manualmente com um auxílio de um ralador de cozinha e um descascador de frutas.

A separação correta do flavedo das demais partes da matéria favorece o rendimento dos óleos essenciais, portanto algumas variedades cítricas apresentam essa estrutura disposta em uma camada fina, como no caso do limão-galego (*Citrus aurantifolia*), o que dificulta a sua retirada de forma isolada. No processo de separação do flavedo presente nas cascas do limão-galego (*Citrus aurantifolia*), eventualmente restaram algumas partes do albedo na matéria, que é a estrutura localizada logo abaixo do flavedo (FERNANDES et al., 2013).

Após a separação, a matéria obtida foi triturada com o auxílio de um processador de alimentos, com o intuito de aumentar a área superficial de contato entre o solvente e a matéria na destilação. No processo de trituração as paredes celulares presentes no flavedo são rompidas, facilitando o acesso da água ao conteúdo interno. Esse procedimento comumente é utilizado nas extrações de óleos essenciais por arraste a vapor por favorecer o rendimento e a eficiência do processo (FERNANDES et al., 2013). A Figura 1 apresenta a matéria prima da amostra da variedade *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) depois de processada e triturada.

Figura 1 - Flavedo da amostra da variedade *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) separado das demais partes da matéria e flavedo já processado e triturado

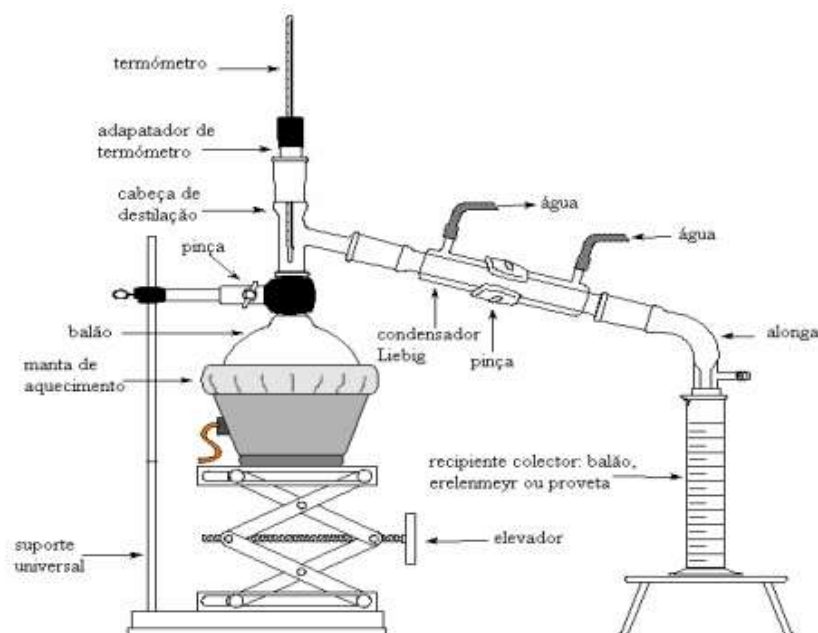


Fonte: Autor.

3.3 Extração dos óleos essenciais

Para a extração dos óleos essenciais foi escolhida a técnica de hidrodestilação por arraste a vapor em escala laboratorial, utilizando-se de um sistema de destilação simples, sendo um método de extração de óleos essenciais viável devido ao baixo custo de investimento e a facilidade de operação dos equipamentos (FELIZARDO et al., 2011), amplamente difundido na indústria de aromas. Para a extração de óleos essenciais em escala industrial utilizando cascas de citrinos, outras adaptações desse método podem ser mais acessíveis e rentáveis perante o grande volume de resíduo sólido gerado, apresentando maior rendimento em relação ao método de prensagem a frio (FERHAT et al., 2007). A Figura 2 apresenta um esquema demonstrativo, nesse trabalho foi utilizado um esquema semelhante.

Figura 2 - Esquema demonstrativo do sistema de hidrodestilação por arraste a vapor laboratorial



Fonte: OLIVEIRA & JOSE, 2007.

O método consistiu em inserir o material já triturado em um balão de destilação apropriado em conjunto com uma quantidade de água destilada apropriada para o procedimento. O balão de destilação utilizado para o estudo apresentava capacidade de dois litros em conjunto a uma manta de aquecimento com tamanho compatível ao do balão. O termômetro acoplado na cabeça de destilação, garante a segurança do processo. Após a mistura entrar em ebulição, ocorreu a passagem do vapor formado pela matéria vegetal, extraindo e carregando os compostos voláteis presentes na matéria. Passando pelo sistema de condensação, os compostos são arrastados para o recipiente coletor, que no caso foi um balão de mesma capacidade.

Inicialmente foram efetuadas algumas destilações para teste, com o intuito de definir a quantidade de matéria suficiente para gerar resultados comparativos nas extrações. Após os testes foi definido 150 g de matéria já processada com 1,5 L de água destilada para as destilações (Figura 3). O mesmo procedimento foi utilizado para as três variedades de limão selecionadas, para cada variedade foram feitas três destilações, nos fornecendo um maior número amostral para posterior análise, totalizando nove extrações. Para cada processo de destilação foram padronizadas duas horas, pois o tempo de extração afeta diretamente o rendimento dos óleos essenciais obtidos.

Figura 3 - Balão de destilação com a matéria da amostra de *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) já inserida em conjunto com água destilada



Fonte: Autor.

Após o processo de destilação finalizar, o destilado obtido foi transferido para um funil de separação, para garantir uma melhor separação entre o óleo essencial e a água floral. Após a separação, foram adicionados 0,2g de sulfato de sódio anidro nas amostras, favorecendo a decantação do restante da água ainda presente, retirando as gotas que podem ter permanecido. Ocasionalmente, uma certa quantidade de água pode ainda permanecer no óleo essencial se o processo de decantação não for efetuado corretamente.

Com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, os óleos essenciais foram identificados e transferidos para os respectivos frascos de vidro âmbar com batoque de plástico, evitando a volatilização dos compostos. Os óleos essenciais são fotossensíveis, portanto, devem ser armazenados longe da luz para evitar a degradação dos compostos. Os frascos foram identificados e mantidos em refrigeração para posterior análise.

3.4 Análise dos óleos essenciais

Com o auxílio de uma pipeta de vidro graduada de 2 mL e um pipetador manual, foram determinados os volumes dos óleos essenciais obtidos nas nove extrações. O rendimento médio foi calculado levando em consideração a proporção do valor inicial de matéria prima inserida em relação ao volume dos óleos essenciais, obtendo valores apresentados em porcentagem. O rendimento total foi calculado levando em

consideração a relação entre a quantidade total de matéria utilizada nas três extrações de cada amostra e o volume total dos óleos essenciais obtidos de cada variedade.

Para calcular a densidade dos óleos obtidos, as três amostras de cada variedade cítrica foram misturadas para facilitar os cálculos. A densidade foi calculada perante a massa obtida na balança de precisão de dois dígitos decimais em relação ao volume do óleo, em um ambiente climatizado a 20°C por um ar condicionado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O emprego da técnica de hidrodestilação por arraste a vapor gerou bons resultados em relação ao rendimento dos óleos essenciais. Em escala industrial, normalmente os óleos essenciais de frutas cítricas são obtidos pelo método de prensagem a frio (MEDEIROS, 2014; ESPINA et al., 2011), no qual o óleo posteriormente é separado das demais partes aquosas através de processo de centrifugação. Ferhat (2007) ao comparar e avaliar os métodos de extração para a obtenção de óleos essenciais de frutas cítricas, constatou que o método de hidrodestilação apresentava maiores rendimentos comparado ao método de prensagem a frio.

A definição do tempo de extração, apresenta influência no rendimento e na composição dos óleos essenciais, fato que pode ter favorecido bons resultados nesse estudo. Mattana et al. (2015) ao avaliar a influência de diferentes tempos de extração no rendimento e a composição dos óleos essenciais extraídos da espécie *Pothomorphe umbellata*, concluiu que o tempo afeta diretamente os fatores analisados, recomendando uma extração de até cento e oitenta minutos para essa variedade.

As extrações das amostras de *Citrus limon* (L.) Burm F. (limão siciliano) foram as que obtiveram um maior rendimento em relação as outras variedades, confirmando os dados da literatura. Simas et al. (2015) ao analisar o rendimento e a composição química dos óleos essenciais de quinze variedades de frutos cítricos, constatou que o limão siciliano apresentava maior rendimento em relação ao *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) e o *Citrus aurantifolia* (limão-galego).

Provavelmente o maior rendimento do limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Burm F.) pode ser atrelada as características morfológicas dessa variedade, que lhe conferem

uma maior espessura da casca e uma melhor distribuição das glândulas produtoras. A concentração dos óleos essenciais presente nas plantas é determinada principalmente por fatores genéticos, relacionados as especificidades de cada variedade (MORAIS, 2009).

Portanto, outros fatores podem colaborar de forma significativa no rendimento, como fatores bióticos e abióticos, além de fatores técnicos relacionados ao cultivo e o armazenamento (MORAIS, 2009). Como exemplo, temos as variações de luminosidade e temperatura em que a plantas ficam expostas nas áreas agrícolas, que apresentam grande influência na produção dos compostos secundários. Geralmente o rendimento de óleos essenciais é maior quando as plantas que são submetidas a extração se encontram em ambientes com temperaturas mais elevadas (MORAIS, 2009; TAIZ & ZEIGER, 2004), porém em períodos de calor excessivo, pode ocorrer a perda desses compostos.

A sazonalidade também apresenta influência na concentração dos óleos essenciais em algumas espécies de plantas, bem como em sua composição química (CHAVES, 2002). Silva et al. (2003) constatou diferenças em relação ao teor de óleo essencial obtido em diferentes meses de colheita da matéria selecionada para extração, indicando que os teores foram maiores no verão do que no inverno.

A composição e concentração dos compostos metabólicos secundários também são influenciados pelo grau de maturação dos frutos (GAMARRA et al., 2006; COMBARIZA et al., 1994), sendo que frutos maduros apresentam maiores teores de óleos essenciais. Também vale destacar, que durante os processos de pós colheita, a concentração e a composição química dos óleos essenciais estão sujeitas a sofrerem alterações devido as condições que os frutos ocasionalmente podem ficar expostos (MORAIS, 2009).

Para a extrações foi utilizada como matéria apenas o flavedo triturado, que foi isolado das demais partes da matéria, o que pode ter favorecido um maior rendimento. Fernandes (2013) avaliou a extração do óleo essencial presente em cascas de laranja proveniente do resíduo do suco e comprovou que a segregação das partes, bem como a trituração da matéria gera um maior rendimento. Nesse estudo, concluiu-se que a separação do flavedo das demais estruturas presentes na matéria é o processo ideal para a aproveitamento dos resíduos para a obtenção dos óleos.

A permanência de uma certa quantidade de albedo na amostra do limão-galego pode ter influenciado o menor rendimento, pois nessa estrutura os óleos essenciais estão dispostos em menor volume. Vale ressaltar que a separação do flavedo das demais partes da matéria é um processo que demanda tempo e acarreta custos (FERNANDES, 2013), portanto a viabilidade em escala industrial tem que ser avaliada. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 1 - Volume e rendimento médio das extrações dos óleos essenciais das variedades cítricas amostradas

Amostra	Variedade	Extração 1 (mL)	Extração 2 (mL)	Extração 3 (mL)	Rendimento médio (mL)
Limão-taiti	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka	1,10	1,35	1,30	1,25
Limão siciliano	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm F.	1,80	1,90	1,90	1,87
Limão-galego	<i>Citrus aurantifolia</i>	0,85	0,90	0,80	0,85

Fonte: Autor.

Tabela 2 - Rendimento total dos óleos essenciais obtidos em relação a quantidade total de matéria utilizada nas extrações

Amostra	Variedade	Quantidade total de matéria (g)	Massa total (g)	Rendimento total (%)
Limão-taiti	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka	450	3,19	0,71
Limão siciliano	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm F.	450	4,71	1,04
Limão-galego	<i>Citrus aurantifolia</i>	450	2,15	0,48

Fonte: Autor.

As análises dos parâmetros físico-químicos dos óleos essenciais, além de comprovar a qualidade e outros aspectos, servem para nortear estudos referentes, auxiliando nas análises dos resultados. A identificação e a análise dos compostos

voláteis presentes nos óleos essenciais cítricos é um procedimento bem comum para diferenciar as variedades genéticas (LEAO, 2015). Devido as variedades de limão amostradas serem bem próximas em termos genéticos, a composição química, dos óleos essenciais é bem semelhante, compartilhando de diversos terpenos e outras substâncias aromáticas em comum (SIMAS et al., 2015).

Os óleos essenciais cítricos apresentam o limoneno como principal constituinte, variando de 32 a 98% em sua composição (SVOBODA & GREENAWAY, 2003), portanto as propriedades físicas das amostras se aproximam bastante das propriedades relacionadas a esse composto. Santos (2020) ao analisar o rendimento da extração e as características físico-químicas de óleos essenciais das cascas de trinta variedades de laranjas doces, concluiu que o limoneno é o composto majoritário entre todas as amostras.

Segundo Pauletti e Silvestre (2018), o limoneno apresenta valor de 0,841g/cm³ para a densidade. A densidade da amostra de *Citrus limon* (L.) Burm F. (limão siciliano) se assemelhou bastante em relação a densidade do limoneno, demonstrando que possivelmente esse terpeno estava disposto em alta concentração nessa variedade. As análises referentes aos teores de limoneno presentes nas cascas dos frutos cítricos, podem ser usadas como um indicie funcional do grau de maturação do fruto (GAMARRA et al., 2006). Na Tabela 3 são apresentados os resultados das densidades das amostras estudadas.

Tabela 3 - Valores das densidades dos óleos essenciais obtidos

Amostra	Variedade	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
Limão-taiti	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka	3,19	3,75	0,8507
Limão siciliano	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm F.	4,71	5,60	0,8411
Limão-galego	<i>Citrus aurantifolia</i>	2,15	2,55	0,8431

Fonte: Autor.

Os valores obtidos referentes a densidade das variedades de limão variaram de 0,8411 g/cm³ a 0,8507 g/cm³, sendo a variedade *Citrus latifolia* Tanaka (limão-taiti) a que apresentou maior valor. Alves & Salibe (1992) ao comparar as características

físico-químicas dos óleos essenciais de oito variedades de limão, cita que a variedade “limão siciliano” apresenta densidade de $0,8469 \text{ g/cm}^3$ a 25°C , observando-se que os valores de densidade dos óleos obtidos constataram pouca variabilidade.

5. CONCLUSÃO

O resíduo sólido da indústria do suco de limão apresenta um grande potencial para a produção de subprodutos de grande interesse comercial, de forma sustentável. A extração de óleos essenciais a partir do processamento das cascas, que em muitos casos são rejeitadas, apresentou um bom rendimento, estando de acordo com a literatura. A técnica de hidrodestilação por arraste a vapor empregada nas extrações, gerou bons resultados, confirmando ser uma técnica viável e simples.

As variedades de limão estudadas possivelmente apresentaram diferença no rendimento devido a fatores genéticos, além de fatores ambientais e agrícolas relacionados a origem da matéria. O limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Burm F) provavelmente rendeu maiores resultados devido a estrutura morfológica de sua casca, que lhe confere uma espessura maior em relação as outras. O limão-galego (*Citrus aurantifolia*) foi a variedade que apresentou menor rendimento, porém essa variedade é utilizada em menor escala na indústria.

O método para definir os valores referentes a densidade dos óleos essenciais podem ser obtidos com maior precisão, pois existem equipamentos e procedimentos mais sofisticados e modernos, como o emprego do uso de um densímetro e uma balança de maior precisão para análise. Porém, os resultados ficaram próximos da literatura e forneceram um panorama real dos valores das densidades.

6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. L. & SALIBE, A. A. Rendimento e características físico-químicas do óleo essencial de limão (*Citrus limon* (L.) Burm). **Revista Bras. Frutic.**, v. 14, n. 2, p. 79-86, 1992.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BANDONI, A.L. & CZEPAK, M. P. **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil**. Vitória: Edufes, p. 624, 2008.

BIZZO, H. R. et al. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BLANK, A. F. et al. Influence of season, harvest time and drying on Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) volatile oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 4, p. 557-564, 2007.

BORSATO, A. V. et al. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] extraído por arraste de vapor d'água, em escala comercial. **Semina Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2008.

BUSATO, N. V. et al. Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1574-1582, 2014.

CASSEL, E. et al. Steam distillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products**, v. 29, p. 171-176, 2009.

CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função da adubação orgânica e épocas de corte**. Embrapa Amazônia Ocidental-Tese/dissertação (ALICE), 2002.

COMBARIZA, M. Y. et al. Concentração de Limoneno no óleo da casca de limão (*Citrus volkameriana*) em função da maturação. **Journal of High Resolution Chromatography**, v. 17, p. 643-646, 1994.

EDRIS, A. E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 4, p. 308-23, Apr. 2007.

ESPINA, L. et al. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. **Food Control**, v. 22, p. 896-902, 2011.

FELIZARDO, M. P. et al. **A extração de óleos essenciais como um método de aproveitamento de resíduos na região de Itapeva**. In: Congresso de Extensão Universitária. Universidade Estadual Paulista (UNESP), p. 698, 2011.

FERHAT, M. A. et al. Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 22, p. 494-504, 2007.

FERNANDES, I. J. et al. Avaliação da Extração de Óleo Essencial do Resíduo Casca de Laranja. **Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**, 2013.

FERRONATTO, A. & ROSSI, R. C. Extração e aplicação do óleo essencial da casca da laranja como um ingrediente natural. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 12, n. 2, 2018.

GAMARRA, F. M. C. et al. Influence on the quality of essential lemon (*Citrus aurantifolia*) oil by distillation process. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 23, n. 1, p. 147-151, 2006.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport process and unit operations**. 3ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1998.

GOMES, M. S et al. **Óleo essencial das folhas e cascas de limão taiti: caracterização química e atividade sobre *Fusarium oxysporum***. 50º Congresso Brasileiro de Química: Agroindústria, Qualidade de Vida e Biomas Brasileiros, 2010.

GONÇALVES, A. & GUAZZELLI, M. J. **Agrofloresta e óleos essenciais**. Centro Ecológico, 2014.

GOULART, A. L. R. M. et al. Atividade antibacteriana do óleo essencial extraído da casca da laranja pêra frente às bactérias da família enterobactereacea. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 2, p. 117-123, 2018.

JÚNIOR, M. R. & PASTORE, G. M. Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 382-387, 2007.

KOBORI, C. N. & JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

LEÃO, M. **Análise do óleo essencial da laranja doce *Citrus sinensis* (L.) Osbeck obtido das cascas secas e frescas através do método de extração por hidrodestilação**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Farmácia) - Universidade de Santa Cruz do Sul, 2015.

MACHADO, B. F. M. T. & JUNIOR, A. F. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Cadernos acadêmicos**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MATTANA, R. S. et al. Efeitos de diferentes tempos de extração no teor e composição química do óleo essencial de folhas de pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.]. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 150-156, 2015.

MEDEIROS, H. H. B. R. **Fracionamento do óleo de laranja utilizando um sistema híbrido de evaporação**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, 2014.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos industriais do limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 870-874, 2006.

MORAIS, L. A. S. **Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais**. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, ago. 2009. CD-ROM. Suplemento. Trabalho apresentado no 49. Congresso Brasileiro de Olericultura, Águas de Lindóia, SP., 2009.

OLIVEIRA, R. A. et. al. Estudo da interferência de óleos essenciais sobre a atividade de alguns antibióticos usados na clínica. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 1, p. 77-82, 2006.

OLIVEIRA, S. M. M. & JOSE, V. L. A. **Processos de extração de óleos essenciais**. Dossiê Técnico–Instituto de Tecnologia do Paraná, set, 2007.

PAULETTI, G. F. & SILVESTRE, W. P. **Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento**, 2018.

PIRES, T. C. M. et al. Extração do R- (+) - limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verduza dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, v. 41, n. 3, p. 355-365, 2018.

REZZADORI, K. et al. Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products. **Food and bioproducts processin.** v. 90 p. 606-614, 2012.

ROZZA, A. L. **Atividade gastroprotetora do óleo essencial de Citrus Lemon (Rutaceae), de seus componentes principais Limoneno e b-Pineno e do óleo essencial de Croton cajucara (Euphorbiaceae)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciencias Biologicas) - Instituto de Biociências da UNESP de Botucatu, 2009.

SANTOS, F. R. **Caracterização físico-química de frutos e determinação de óleos essenciais da casca de trinta variedades de laranjas doces**. 2020. Tese (Dourorado em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, 2020.

SCHIEBER, A. et al. By-products of plant food processing as a source of functional compounds: recent developments. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v. 12, p. 401-413, 2001.

SILVA, F. et al. Teor e composição do óleo essencial de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 6, n. 1, p. 33-38, 2003.

SILVEIRA, J. C. et al. Levantamento e análise dos métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, 2012.

SIMAS, D. L. R. et al. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 1, p. 15-26, 2015.

SVOBODA, K. P.; GREENAWAY, R. I. Lemon scented plants. **International Journal of Aromatherapy**, v. 13, n. 1, p. 23-32, 2003.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre, p. 529-536, 2004.

Trabalho de conclusão de curso “ Caracterização e rendimento dos óleos essenciais extraídos do resíduo sólido da indústria dos sucos cítricos”.

ASSINATURAS

Edoardo A.

EDOARDO RODRIGUES DE ALMEIDA PASTOVA
Aluno

Antonia Marli dos Santos

ANTONIA MARLI DOS SANTOS
Orientador