

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**THASSIS PERAL ARAUJO**

**ANÁLISE DE RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E SOLVENTE PARA O**  
**ÓLEO DE MACADÂMIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**THASSIS PERAL ARAUJO**

**ANÁLISE DE RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E SOLVENTE PARA O  
ÓLEO DE MACADÂMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso 2  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel, em  
Engenharia Química, do Departamento de  
Engenharia Química, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Giane Gonçalves  
Lenzi

**PONTA GROSSA**

**2018**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **Análise de rendimento de extração e solvente do óleo de macadâmia**

por

**Thassis Peral Araujo**

Monografia apresentada no dia 11 de junho de 2018 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Profa. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Simone Delezuk Inglez  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Giane Gonçalves Lenzi  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins  
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso**

## RESUMO

O óleo de macadâmia é considerado um dos óleos mais ricos em componentes nutricionais dentre os óleos obtidos de nozes e sementes. A extração escolhida para obter o óleo é determinante para a qualidade e para a quantidade de óleo extraído, assim como, a etapa de preparação da amostra e o solvente utilizado. Neste trabalho as metodologias de extração utilizadas foram com agitador orbital e com banho ultrassônico, e os solventes foram acetato de etila e álcool etílico 99,5%. Além disso, a preparação da amostra foi realizada de duas maneiras para determinar a melhor interação com o solvente. Os resultados foram analisados por meio dos rendimentos de extração de cada amostra, para a determinação das melhores condições de extração. Após isso, para a verificação de alguns grupos funcionais presentes no óleo, a análise de espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-vis foi realizada. Estes resultados de métodos alternativos de extrações permitem aprimorar e substituir técnicas antigas, facilitando a obtenção de produtos de qualidade.

## **ABSTRACT**

Macadamia oil is considered one of the best nutritional oils among the obtained oils of nuts and hazelnuts. The chosen extraction to obtain oil is determinative for quality and quantity of the oil extracted, as well as, the sample preparation and solvent used. At this assessment, methodologies of extraction used were with orbital shaker and ultrasonic bath, and the solvents were ethyl acetate and ethyl alcohol 99,5%. Furthermore, the sample preparation was done of 2 types to determine the best interaction between sample and solvent. Then, results were analyzed by means of extraction yield of each sample, to determine better conditions to oil extraction. After that, to verify some functional groups at the macadamia oil, the molecular spectrophotometry in the UV-vis region was done. These alternatives methods results allow improving and replacing old techniques, furthering the obtaining quality products.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carpelo, semente e amêndoa da macadâmia, respectivamente.....	12
Figura 2 - Amostra tipo 1 (esquerda) e Amostra tipo 2 (direita).....	24
Figura 3 - Óleo de Macadâmia após centrifugação, extração com etanol.....	35
Figura 4 - Óleo de Macadâmia após centrifugação, extração com acetato de etila.....	35
Figura 5 - Espectro com comprimentos de onda 250nm a 700nm.....	36
Figura 6 - Espectro com comprimentos de onda 250nm a 400nm.....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Rendimentos Extração Agitador com Etanol - Amostra tipo 1.....	26
Gráfico 2 - Rendimentos Extração Agitador com Etanol - Amostra tipo 2.....	27
Gráfico 3 - Rendimentos Extração Agitador com Acetato de Etila - Amostra tipo 1.....	29
Gráfico 4 - Rendimentos Extração Agitador com Acetato de Etila - Amostra tipo 2.....	29
Gráfico 5 - Rendimentos Extração Ultrassom com Acetato de Etila - Amostra tipo 1...	31
Gráfico 6 - Rendimentos Extração Ultrassom com Acetato de Etila - Amostra tipo 2...	31
Gráfico 7 - Rendimentos Extração Ultrassom com Etanol - Amostra tipo 1.....	33
Gráfico 8 - Rendimentos Extração Ultrassom com Etanol - Amostra tipo 8.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e etanol, com as amostras do tipo 1.....	25
Tabela 2 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e etanol, com as amostras do tipo 2.....	26
Tabela 3 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e acetato de etila, com as amostras do tipo 1.....	28
Tabela 4 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e acetato de etila, com as amostras do tipo 2.....	28
Tabela 5 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e acetato de etila, com as amostras do tipo 1.....	30
Tabela 6 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e acetato de etila, com as amostras do tipo 2.....	30
Tabela 7 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e etanol, com as amostras do tipo 1.....	32
Tabela 8 - Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e etanol, com as amostras do tipo 2.....	32



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	11
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MACADÂMIA .....	12
3.2. MÉTODOS DE EXTRAÇÃO .....	14
3.2.1. Agitador Orbital .....	16
3.2.2. Ultrassom .....	17
3.3. MÉTODOS INSTRUMENTAIS .....	18
3.3.1. Espectrometria de Absorção Molecular no Ultravioleta-Visível .....	18
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
4.1. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA .....	20
4.2. EXTRAÇÃO POR AGITADOR ORBITAL .....	20
4.3. EXTRAÇÃO POR ULTRASSOM .....	21
4.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS .....	22
4.5. CENTRIFUGAÇÃO .....	22
4.6. ANÁLISE EM ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO MOLECULAR NA REGIÃO DO UV-VIS .....	22
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
5.1. SECAGEM .....	24
5.2. EXTRAÇÃO COM AGITADOR ORBITAL .....	25
5.3. EXTRAÇÃO COM ULTRASSOM .....	30
5.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS .....	34
5.5. CENTRIFUGAÇÃO .....	34
5.6. CARACTERIZAÇÃO EM ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO MOLECULAR NA REGIÃO DO UV-VIS .....	36
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Proteaceae*, a noz-macadâmia é o fruto da noqueira-macadâmia originalmente da Austrália e do clima subtropical. Normalmente, encontrada na cor verde com uma noz, que varia do marrom ao creme. A macadâmia é muito utilizada para o consumo direto, ou para a extração do seu óleo, cujo possui uma alta qualidade e uma vasta área de aplicação.

O óleo que pode ser extraído da macadâmia é proveniente da noz do fruto, que normalmente corresponde a 25% da quantia total. Esse óleo vem sendo altamente procurado e estudado, devido a sua fina qualidade, devido a quantidade de ácidos graxos monoinsaturados, proteínas vegetais e micronutrientes encontradas na sua composição (NAVARRO, 2016), que podem ser utilizados para enriquecimento nutricional, na indústria alimentícia e farmacêutica, e para complementação e enriquecimento das funções específicas de cosméticos.

A qualidade do óleo extraído está estritamente relacionada com o método de extração utilizado. Por exemplo, a extração mais utilizada para esse tipo de noz, é a prensagem a frio, que tem como principal produto o óleo de macadâmia extra virgem, utilizado na indústria alimentícia. Já para aplicação em cosméticos e fármacos é necessário um óleo mais fino, obtido por meio de extração em Soxhlet com solvente (NAVARRO, RODRIGUES, 2016). Devido ao aumento da procura desse óleo mais fino e de uma qualidade mais pura, os estudos quanto a sua obtenção aumentaram, visando o melhor processo de extração e os melhores solventes a serem utilizados.

A escolha do solvente é de extrema importância para o óleo obtido, por isso neste trabalho, serão realizadas extrações de óleo de macadâmia em agitador orbital com diferentes solventes, etanol e acetato de etila.

Além desses métodos de extração apresentados anteriormente, há também a possibilidade de extração utilizando ultrassom. Assim, esse trabalho irá testar e comparar os dois métodos de extrações, ultrassom e agitador orbital.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Determinar o método de extração mais eficaz, dentre Ultrassom e Agitador Orbital, assim como o solvente, etanol ou acetato de etila, do óleo de macadâmia.

### 2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar dois tipos diferentes de secagem de amostras, visando a que apresenta melhor resultado na obtenção do óleo de macadâmia, por meio dos resultados de rendimentos de extração.
- Avaliar qual método de extração, Agitador Orbital ou Ultrassom, obtém o melhor resultado na extração do óleo de macadâmia, por meio da comparação dos rendimentos.
- Avaliar o melhor solvente, dentre etanol e acetato de etila, para a extração do óleo de macadâmia, por meio da comparação dos rendimentos.
- Caracterizar as amostras de óleo de macadâmia obtidas nas etapas anteriores, por meio da espectrofotometria na região do UV-vis.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MACADÂMIA

Nativa da Austrália, a macadâmia é um fruto da noqueira macadâmia, composta por carpelo, casca e amêndoa, com cores verde escuro, marrom e creme, respectivamente (PIZA, MORIYA, 2014). A amêndoa é o principal componente do fruto, pois é a parte comestível, e é nela que se encontram todos os minerais, vitaminas e componentes nutricionais. Na figura 1, abaixo, estão presentes os componentes do fruto da macadâmia, o carpelo, a semente, a noz e a amêndoa.



**Figura 1: Carpelo, semente e amêndoa da macadâmia, respectivamente.**  
**Fonte: SOBIERAJSKI et. al, 2006, apud, GARCIA, 2010.**

De forma geral, as nozes de macadâmia apresentam grandes quantidades de proteínas e lipídios em sua composição (MARO et al., 2012). As proteínas encontradas na sua composição, variam de 7 – 10 g para cada 100 g de nozes, de acordo com Garcia (2010). Além disso, estão presentes na composição das proteínas, aminoácidos essenciais, que suprem as necessidades diárias nutricionais.

Segundo Navarro (2016), a noz macadâmia, dentre as nozes comestíveis, é a que apresenta a maior fração de lipídios na sua composição, que varia de 33 a 65% em massa. Essa alta composição de lipídios eleva o valor nutricional da noz-macadâmia, assim como suas aplicações nas indústrias alimentícias e cosméticas. Além disso, de acordo com Garcia (2010) “o elevado teor de óleo não somente contribui com a textura e o *flavour* da macadâmia, como também é o ponto-chave da estabilidade da noz, devido a degradação do óleo, seja por mecanismo oxidativo quanto hidrolítico”. Assim sendo, o mesmo óleo que aumenta o valor nutricional e enriquece a noz de macadâmia, também traz a estabilidade do fruto.

O óleo extraído da macadâmia possui um alto valor nutricional devido as frações de ácidos graxos encontrados no mesmo. Essa composição dos lipídios é em média constituída por 77% de ácidos graxos monoinsaturados, 5% de ácidos graxos polinsaturados e 18% de ácidos graxos saturados (VENKATACHALAM e SATHE, 2006, apud, NAVARRO, 2016, p. 25).

Dentre os ácidos graxos monoinsaturados, os mais relevantes encontrados na macadâmia são o ácido oleico, que varia entre 60 a 80%, e o ácido palmitoléico, que tem frações variando de 0,1 a 0,3 em massa do óleo, dependendo da maneira em que noqueira é cultivada (MARO et al., 2012). Quanto aos ácidos graxos polinsaturados os encontrados, na grande maioria das diferentes nozes de macadâmia, foram o ácido linoleico e o ácido linolênico (VENKATACHALAM e SATHE, 2006, apud, NAVARRO, 2016, p. 25). Além dos ácidos citados anteriormente, o ácido esteárico é comumente encontrado na noz, com uma porcentagem de 1 a 13%, variando, assim como o ácido palmitoléico, de acordo com a maneira de cultivo, segundo Maro (2012).

Outros importantes componentes encontrados na semente, são os compostos bioativos, principalmente os antioxidantes. Esses compostos são responsáveis pela estabilidade lipídica da macadâmia. Devido ao seu alto teor de óleos, é necessário que haja uma atividade antioxidante, que retarde a oxidação da semente. Navarro e Rodrigues (2016), em seu trabalho, citam a presença de tocoferóis e tocotrienóis. Entretanto estudos realizados por Wall (2010), apontam que as quantidades encontradas nesses antioxidantes podem ser consideradas apenas traços, e não são relevantes para alguma aplicação.

Ainda sobre os compostos bioativos presentes na macadâmia, um importante composto fenólico encontrado é o esqualeno. Nos seus estudos, Wall (2010), conseguiu quantificar o esqualeno nas nozes de macadâmia, por meio da cromatografia líquida sob alta pressão. Os resultados encontrados, para todas as amostras de óleo submetidas a esses procedimentos, variaram de 72,44 a 171,26 µg/g de óleo. A importância da presença do esqualeno nesse óleo, é a sua finalidade. O esqualeno é responsável pela proteção contra raios UV e peroxidação lipídica na pele, que implica em uma vasta quantidade de aplicações em cosméticos (WALL, 2010).

Devido a sua valiosa composição nutricional, como apresentada acima, a noz-macadâmia pode ser empregada em diversas áreas. Navarro e Rodrigues (2016),

citam algumas utilidades da semente, como: a produção da farinha de macadâmia, para aplicação em produtos isentos de glúten, o isolamento da proteína, para produção de suplementos alimentares, a extração do óleo e outras.

Quanto ao óleo extraído, o número de aplicações aumenta. O óleo pode ser aplicado em (NAVARRO e RODRIGUES, 2016):

- Cosméticos para cuidados dos cabelos, visando a prevenção do envelhecimento e perda de cor;
- Protetores labiais, para hidratação;
- Cápsulas do óleo, para prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral, ateroscleroses e outras doenças relacionadas com altos níveis de colesterol;
- Cosméticos para cuidados da pele, com objetivo da hidratação, redução de danos causados pela exposição ao sol, eliminação de bactérias, redução e suavização de rugas causadas pela idade, e outras.

Baseada nas aplicações do óleo de macadâmia, foi vista a necessidade de se obter um produto de boa qualidade e com o melhor rendimento possível no processo de extração.

### 3.2. MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Na química analítica quantitativa para que se possa obter resultados mais precisos e confiáveis quanto a compostos analisados, que são providos de misturas, vários métodos de separação são aplicados. De acordo com Vogel et. al (2002), esses métodos de separação podem ser divididos em dois grandes grupos, sendo o primeiro separações em grande escala, e o segundo, separações com instrumentos. No primeiro grupo se encontram a destilação, evaporação, secagem, extração com solvente, cristalização, precipitação, diálise, troca iônica e liofilização. E as separações com instrumentos, são compostas pelos diversos métodos de cromatografia e eletroforeses.

Nos casos de extração de uma fase orgânica de um componente sólido, dos métodos citados acima, o mais aconselhável é a extração com solvente. Quando esse método é o escolhido, é necessário que haja uma análise prévia da amostra quanto as suas características físicas. Algumas vezes é aconselhável um pré-tratamento da amostra, como a secagem, análise de vapor em espaço confinado, trituração e outros (VOGEL et al, 2002).

Além dessa preparação da amostra, outro fator que deve ser levado em conta em separações de fases orgânicas, é a escolha do solvente. A toxicidade do solvente e a recuperação, devem ser levadas em conta na escolha do mesmo, visto que há a probabilidade de que alguns traços do solvente ainda estejam presentes após a sua eliminação (VOGEL et. al, 2002).

No caso da extração de óleos vegetais, a escolha do solvente deve ser bem rigorosa, seja pela sua toxicidade ou pela temperatura de ebulição, para a eliminação (VOGEL et. al, 2002). Esta preocupação aumenta para esse ramo de produtos, porque os mesmos são, geralmente, aplicados na indústria alimentícia e farmacêutica.

Para a extração do óleo de macadâmia, o fruto deve passar por alguns tratamentos prévios antes de ser designado para o método de extração escolhido. A primeira etapa em que a macadâmia é submetida é o descarpelamento, onde o carpelo é removido e é obtida a semente da macadâmia (GARCIA, 2010).

Então, essa semente passa por um processo de secagem. A secagem, além de ser utilizada para diminuir a umidade presente na semente, visando a redução da extração do óleo em emulsão com a água, é também utilizada para facilitar o descascamento das nozes, pois após a secagem, as amêndoas reduzem de tamanho e as cascas se tornam mais frágeis (GARCIA, 2010). Segundo Navarro e Rodrigues (2016), a umidade na semente de macadâmia, de maneira geral, fica em torno de 25%, e é aconselhável que a umidade esteja em torno de 3,5%, no momento da extração do óleo. Os mesmos autores citam, que em seus estudos, as sementes de macadâmia passaram por duas etapas de secagem, para obterem tal valor recomendado.

Após a secagem e o descascamento, as amêndoas estão parcialmente prontas para que seu óleo seja extraído. Assim, para aumentar o rendimento da extração, as amêndoas são submetidas a trituração para aumentar a superfície de contato, entre as mesmas e o solvente, que será utilizado na extração (RIGUETI, PEREIRA e MENDES, 2009).

Dentre as metodologias de extração, as comumente utilizadas para a extração de óleos vegetais são a prensagem mecânica e a extração com Soxhlet. De acordo com Basile (1986, apud, FREITAS, 2007) as etapas da extração por prensagem mecânica são: secagem da semente, aquecimento com vapor, prensagem e o refino. Mas o mesmo autor, ainda cita que a torta resultante da prensagem das sementes, no geral, retém de 4 a 7% da massa do óleo.

No caso da noz-macadâmia, o teor de lipídios presente na torta, pós prensagem mecânica, é tão alto, em média 57% em massa, que é possível afirmar que a prensagem apresenta baixo rendimento e caracteriza a torta como uma boa fonte de lipídios para extrações posteriores (NAVARRO, 2016). Geralmente, há uma combinação da extração por prensagem mecânica ou a frio com a extração por solvente, por apresentarem maiores rendimentos (NAVARRO e RODRIGUES, 2017).

Conhecendo os rendimentos dessas extrações é possível concluir que a extração com solvente é mais eficaz, e assim, utiliza-la como único método de extração de óleos vegetais.

### 3.2.1. Agitador Orbital

Visando diferentes métodos de extração que sejam mais inofensivos ao meio ambiente e à saúde humana, o agitador orbital aparece como uma opção. De acordo com Silva e Silva (2016), o agitador é um método simples, eficiente e de fácil manuseio que fornece a possibilidade vários ensaios ao mesmo tempo. Além disso as autoras ainda citam que o agitador favorece uma circulação convectiva em toda a amostra presente, aumentando a interação solvente e amostra, aumentando os rendimentos de extração.

Silva e Silva (2016) utilizaram acetato de etila em agitador orbital para extrair óleo de nabo forrageiro, e obtiveram resultados significativos que foram satisfatórios iguais aos resultados obtidos com hexano. Além disso, o acetato de etila é de fácil recuperação, não tóxicos e de propriedades estáveis.

Assim como o acetato de etila, o etanol também vem sendo estudado com uma segunda opção para a extração com solventes. Bäumlér, Carrín e Carelli (2015) observaram os resultados obtidos da extração do óleo de sementes de girassóis, quando o etanol é aplicado no processo. As autoras constataram que o rendimento



do óleo com a utilização de etanol é de 32,2%, enquanto o do hexano, apenas 22,8%, comprovando então que o etanol seria uma melhor opção.

Nos estudos realizados para a noz-macadâmia apenas o hexano foi utilizado como solvente, e mesmo assim o rendimento obtido variou em uma faixa de 40 a 60%, enquanto a extração utilizando prensagem obteve um rendimento de 35 a 40%, assim, afirmando que aplicação do solvente é mais eficaz para a noz-macadâmia (NAVARRO e RODRIGUES, 2016).

### 3.2.2. Ultrassom

Na extração de óleos utilizando o equipamento de ultrassom, as sementes que são submetidas a esse processo sofrem mudanças físicas e químicas devido a variação de pressão, aquecimento e ruptura, e também, a instabilidade na superfície (FREITAS, 2007).

Para que ocorra a extração do óleo é necessário que haja a adsorção e dessorção na semente, por meio da cavitação. Freitas (2007), cita em seu trabalho, que os fatores que influenciam na cavitação são a frequência e a intensidade do ultrassom, onde tais fatores podem tanto otimizar quanto prejudicar o processo.

Uma das principais vantagens desse método é a variedade de solventes que podem ser utilizadas, que são responsáveis pela diminuição do tempo de extração. Além disso, outras duas vantagens são os custos, porque o processo requer apenas o solvente e a matéria-prima a ser extraída, e a simplicidade do equipamento utilizado (FREITAS, 2007).

Cravotto et al. (2007) realizou estudos de extração com solvente de lipídios do grão de soja e de algas marinhas, por meio de Soxhlet, ultrassom e micro-ondas. Os autores conseguiram constatar que a extração via ultrassom tem maior rendimento com temperaturas mais baixas do que o Soxhlet, mas não elimina a possibilidade de degradação do óleo.

Entretanto, mesmo com resultados significantes, o método de extração via ultrassom não é muito conhecido, e só recentemente tem sido aplicada na área de alimentos, como: processamento, preservação e a extração dos componentes

bioativos (OLIVEIRA et al, 2016). E por isso, não há muitos estudos e dados de base para essa extração.

### 3.3. MÉTODOS INSTRUMENTAIS

#### 3.3.1. Espectrometria de Absorção Molecular no Ultravioleta-Visível

O método instrumental de espectrometria de absorção molecular nas regiões espectrais do ultravioleta e do visível é baseado na radiação eletromagnética nos comprimentos de onda de 190 a 800 nm. As suas maiores aplicações são nas determinações quantitativas de espécies orgânicas, inorgânicas e biológicas (HOLLER, SKOOG e CROUCH, 2009).

Esse método utiliza da transmitância e da absorbância da solução a ser analisada. A solução juntamente com solvente é adicionada à uma célula, ou à um recipiente transparente, com caminho óptico de  $b$  cm, que seria o comprimento da célula. A absorbância, a transmitância, e o comprimento da célula podem ser relacionadas da seguinte forma, na Equação 1 (HOLLER, SKOOG e CROUCH, 2009):

$$A = -\log T = -\log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc \quad (1)$$

Em que:

- $A$  é a absorbância;
- $T$  é a transmitância;
- $P_0$  é a potência incidente na amostra;
- $P$  é a potência transmitida pela amostra;
- $\epsilon$  é a absorvidade molar  $\epsilon$ ;
- $c$  é a concentração do absorvente.

Holler, Skoog e Crouch (2009) no seu livro explicam que a absorção é gerada durante a excitação dos elétrons das ligações, e por isso, os comprimentos de onda das bandas, que são geradas como resultado no espectrofotômetro, podem ser utilizados para caracterizar as ligações presentes na solução absorvente analisada, e

posteriormente, concluir o grupo funcional presente. Mas além disso, outra importante aplicação dessa etapa é a determinação quantitativa de compostos que contém grupos absorventes.

A presença de compostos absorventes permite a caracterização dos grupos funcionais, porque é possível realizar uma comparação do espectro do absorvente com o espectro da amostra analisada, utilizando o comprimento de onda e a banda de absorção (HOLLER, SKOOG e CROUCH, 2009). Assim, sabendo como cada absorvente se comporta em determinada banda, é possível observar e concluir quais compostos estão presentes na análise, e comparar com a estrutura do grupo funcional procurado.

A aplicação desse método na caracterização de óleos vegetais vem crescendo juntamente com a necessidade de se confirmar a composição dos mesmos, visando as suas aplicabilidades nas indústrias alimentícias, de cosméticos e de fármacos. Ferreira, et. al (2017) estudaram os espectros de óleos de urucuri, de inajá e de buriti, e puderam concluir por meio de comparação com espectros da caracterização de grupos funcionais, que estavam procurando nos óleos, que havia a presença de moléculas de tocoferol, ácido oleico e palmítico, triglicerídeos,  $\beta$ -caroteno e clorofila.

Assim, a espectrometria de absorção molecular na região do ultravioleta e visível pode ser considerada viável na utilização para caracterização dos componentes presentes em óleos vegetais.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

As amêndoas de macadâmia que foram utilizadas nesse trabalho, já passaram por descarpelamento e secagem prévia para retirada da casca. As mesmas foram compradas no comércio a varejo de produtos naturais.

Antes da extração, propriamente dita, do óleo da noz de macadâmia é necessário que ocorra uma etapa de secagem para garantir que a umidade não esteja presente durante a extração.

Para essa etapa foram escolhidas duas metodologias para a secagem: as amostras denominadas do tipo 1 passaram pela secagem do método de Mabayo, et al. (2017), e as amostras denominadas do tipo 2 foram submetidas a secagem de Fischer, et al. (2016).

- Amostras tipo 1

Foram utilizadas amostras de 5g de noz de macadâmia, que primeiramente foram submetidas a 100°C por 17h, em estufa. Após esse tempo, essas amostras foram trituradas e colocadas novamente na estufa, por mais 4h a 105°C.

- Amostras tipo 2

Para esse método, primeiramente as amostras foram trituradas e então separadas em porções de 5g cada, para serem submetidas a 60°C por 10h, em estufa.

### 4.2. EXTRAÇÃO POR AGITADOR ORBITAL

Após a secagem, cada tipo de amostra foi submetida a extração do óleo no equipamento Agitador Orbital “Shaker” modelo TE-424 com refrigeração, a 150rpm e a 25°C. As amostras foram divididas em 3 grupos de acordo com o tempo que iriam ficar dentro do equipamento, sendo eles: 30, 45 e 60 minutos. Para cada tempo, a extração foi realizada em triplicata.

Além da variação dos tempos também houve a variação do solvente, primeiramente foram realizadas as extrações dos dois tipos de amostras com etanol

(álcool etílico 99,5%), e posteriormente foram realizadas extrações com acetato de etila. Ambas seguindo triplicata para as variações de tempo.

As extrações foram realizadas em erlenmeyers de 250mL com 5g de amostra, tipo 1 ou tipo 2, mais 50ml de solvente, etanol ou acetato de etila. Após o tempo de cada ensaio no agitador, as amostras foram filtradas a vácuo e transferidas para balões volumétricos. Para a separação da mistura solvente mais óleo foi utilizado o roto-evaporador. As amostras de óleos obtidas foram dispostas em tubos Falcon.

#### 4.3. EXTRAÇÃO POR ULTRASSOM

O equipamento utilizado nesta extração foi o Banho ultrassônico (UNIQUE, modelo: USC 1400A) no Laboratório de Processo de Separação e Tecnologia Ambiental (H006), na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

Para essa extração também foram utilizados dois tipos de solventes: o acetato de etila e o etanol, e foram variados os tipos de amostra entre tipo 1 e 2.

A extração foi realizada em triplicata para cada amostra em cada solvente, totalizando 6 tubos para cada solvente. Em tubos de ensaio foram colocados, inicialmente, 5 gramas de amostra e 20 mL de solvente. Então, os tubos foram dispostos em banho de ultrassom por 20 minutos. Após isso, a mistura foi filtrada cuidadosamente, em uma filtragem simples, para que o sólido não saísse do tubo de ensaio.

Sobre o sólido que ainda estava no tubo foram adicionados mais 20mL de solvente, e o tubo foi submetido por mais 5 minutos ao banho de ultrassom. Após esse tempo, o líquido presente no tubo foi filtrado e novamente, o sólido foi mantido no tubo.

A última etapa da extração foi realizada com 10ml de solvente em cada tubo de ensaio, que passou por mais 5 minutos no banho. E então, todo o material presente em cada tubo foi filtrado.

Para a separação de óleo e solvente, as misturas foram dispostas em beckers e colocadas em estufa a 60°C por 5 horas. E posteriormente as amostras de óleo obtidas também foram dispostas em tubos Falcon.

#### 4.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS

Para a determinação de qual dos métodos de extração é mais eficiente, os rendimentos para todos os tempos testados foram calculados e comparados. Além disso, a comparação entre os teores de óleo obtido em relação a cada solvente foi realizada, para determinar o mais efetivo. Esse cálculo foi realizado de acordo com a Equação 2:

$$\%teor\ de\ óleo\ extraído = \frac{m_{óleo}}{m_{amostra}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

- $m_{óleo}$  é a massa, em gramas, do óleo extraído;
- $m_{amostra}$  é a massa total, em gramas, da amostra utilizada.

#### 4.5. CENTRIFUGAÇÃO

Após a extração, algumas amostras de óleo ainda retinham uma quantidade de partículas de sólido que não foram separadas na filtração. Em tubos Falcon todas as amostras foram submetidas a centrifugação por dois períodos de 5 minutos cada, com velocidade de 3500rpm. Então com pipetas as amostras de óleos limpas foram transferidas para outros tubos Falcon, para serem submetidas a análise de caracterização.

#### 4.6. ANÁLISE EM ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO MOLECULAR NA REGIÃO DO UV-VIS

As amostras que utilizadas para essa análise foram as obtidas na extração com etanol no agitador orbital. A análise de absorção molecular na região do UV-VIS foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, H003, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

A análise ocorreu no espectrofotômetro FEMTO 800 XI. Antes de iniciar a análise nas amostras, foi realizada uma varredura utilizando solvente, o etanol, e a faixa de comprimento de onda, que será utilizada na varredura da amostra. Essa varredura inicial determina a linha de base.

Após esse procedimento, foi realizada a análise na amostra. A amostra completou  $\frac{3}{4}$  da cubeta de quartzo utilizada e posta com o lado brilhante voltados para o feixe de luz. A faixa de comprimento de onda, inicialmente foi de 250nm a 700nm.

Com os valores de absorbância e o espectro reproduzidos pelo software do equipamento é possível realizar o estudo dos grupos funcionais presentes, utilizando a comparação com espectros dos absorventes, que possivelmente estão presentes no óleo.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. SECAGEM

A etapa de secagem foi realizada em duas etapas, sendo a primeira em quantidade suficiente para a extração em agitador orbital e a segunda para a extração com ultrassom.

Na primeira etapa, para amostra tipo 1 foram pesadas 100,367g de noz de macadâmia e para amostra tipo 2 foram 99,7427g. Já na segunda etapa, para a amostra tipo 1 a pesagem foi de 35,2242g e a amostra tipo 2 36,7142g.

As umidades médias obtidas para as amostras 1 e 2 foram, respectivamente, 3,12% e 2,87%.

A principal diferença observada entre os dois métodos de secagem foi a cor que a noz de macadâmia obteve após o tempo que permaneceu na estufa. A amostra tipo 1, que foi submetida à um período maior na estufa e à uma temperatura elevada, se tornou escura e com odor acentuado, lembrando ao aroma liberado nos processos de torras de alimentos. Enquanto a amostra do tipo 2 manteve a cor e odor característicos da noz, por ter sido submetida a menos tempo na estufa e também a uma temperatura mais baixa.

Na Figura 2, encontram-se os dois tipos de amostras após a secagem.



Figura 2: Amostra tipo 1 (esquerda) e Amostra tipo 2 (direita)  
Fonte: Aatoria própria.



## 5.2. EXTRAÇÃO COM AGITADOR ORBITAL

Como descrita acima, a extração com o agitador orbital foi realizada com dois solventes: acetato de etila e etanol. Além disso, foram utilizadas as amostras tipo 1 e tipo 2 para cada ensaio de tempo, sempre em triplicata.

Primeiramente foram pesadas aproximadamente 5g de amostra para cada Erlenmeyer e anotado para o cálculo do rendimento. Após a etapa de separação do óleo e do solvente no roto-evaporador, o peso do óleo também foi obtido e anotado para o rendimento.

Os ensaios realizados com etanol forneceram os seguintes resultados abaixo, nas tabelas 1 e 2, sendo amostras de 1 a 3, 30 minutos, amostras 4 a 6, 45 minutos e amostras 7 a 9, 60 minutos.

**Tabela 1 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e etanol, com as amostras do tipo 1**

Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,2793	-	-
2	5,1152	1,3092	25,59
3	5,1219	0,9888	19,31
4	5,0205	1,2545	24,99
5	5,0810	1,493	29,83
6	5,0654	1,429	28,22
7	5,0492	1,1414	22,61
8	5,0365	1,175	23,33
9	5,2214	0,8441	16,17

**Fonte: Autoria Própria**

**Tabela 2 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e etanol, com as amostras do tipo 2**

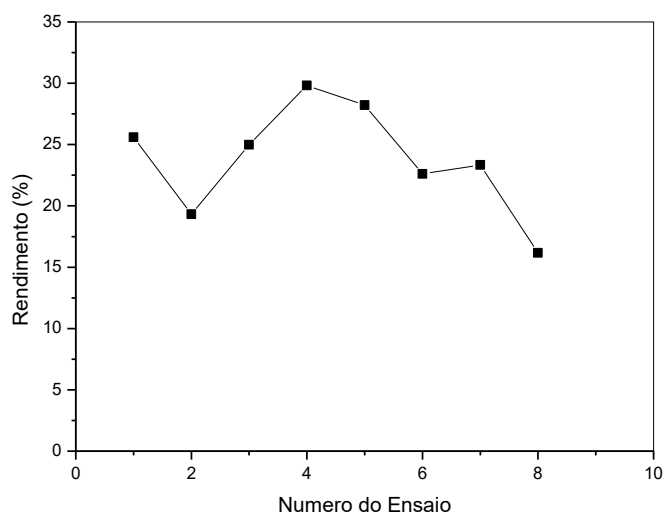
Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,0829	1,2388	24,37
2	5,0978	1,5582	30,57
3	5,0140	1,1824	23,58
4	5,2960	1,4098	26,62
5	5,0313	1,1485	22,83
6	5,2951	0,6337	11,97
7	5,2060	1,2167	23,37
8	5,0069	1,1320	22,61
9	5,1181	1,4005	27,36

**Fonte: Autoria Própria**

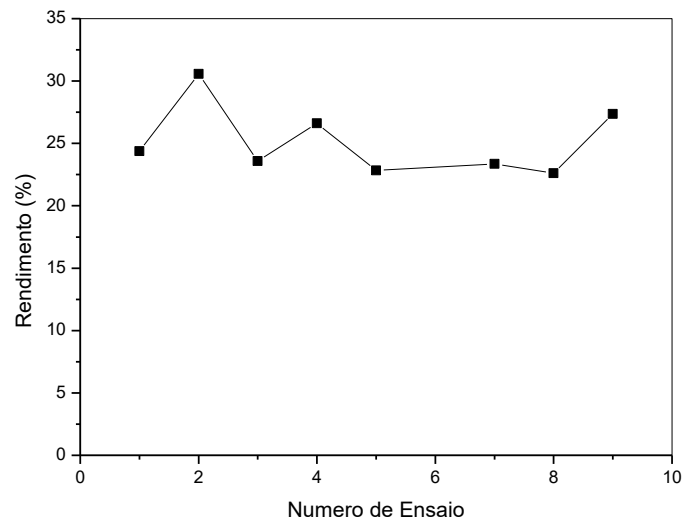
O ensaio 1 apresentado na Tabela 1 precisou ser descartado por apresentar muitas partículas sólidas mesmo após a filtração, impossibilitando a pesagem somente do óleo.

Como é possível observar em ambas as tabelas, para esse solvente e tipo de extração, o tempo não foi um fator determinante para o rendimento, visto que as variações de rendimento não cresceram conforme o tempo.

Além disso, observando os resultados de rendimentos obtidos em ambos os tipos de amostra é notável que foram sempre abaixo de 30%. Para facilitar a visualização e a comparação dos resultados os gráficos 1 e 2 abaixo foram plotados:



**Gráfico 1: Rendimentos Extração Agitador com Etanol – Amostra tipo 1**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Gráfico 2: Rendimentos Extração Agitador com Etanol – Amostra tipo 2**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para plotar o gráfico 2, o ensaio nº 6 foi descartado pois estava muito fora dos resultados obtidos nos outros ensaios, o que provavelmente pode resultar de algum erro durante a execução da extração.

Agora, comparando os 2 gráficos é possível perceber que a amostra do tipo 2 teve uma interação melhor com o solvente e forneceu melhores resultados de rendimento, inclusive resultados mais constantes. Enquanto a amostra tipo 1 teve resultados mais baixos e muitas variações. Para provar as últimas afirmações os desvios padrões de ambas as amostras foram calculados, os resultados obtidos foram 4,48 para a amostra tipo 1 e 2,79 para a amostra tipo 2, comprovando assim a melhor interação do etanol com a amostra tipo 2.

Comparando as médias dos resultados de rendimentos obtidos de cada tipo de amostra, sendo 23,75% da amostra 1 e 25,16% da amostra 2, com resultados da literatura para o mesmo solvente, pode-se concluir que a extração com agitador orbital é satisfatória. Fischer (2016) conseguiu rendimentos de 17% a 39% utilizando etanol e Soxhlet, com 3 ciclos de 2 horas e temperaturas de 50 a 60°C, entretanto essa temperatura pode ter começado a degradar o óleo, algo que o autor não analisou em seu trabalho. Já a extração em agitador foi realizada a 25°C, sem oferecer perigo de degradação quanto a temperatura e obteve resultados de rendimentos similares, com ensaios mais curtos.

Ainda de acordo com Fischer (2016), a noz de macadâmia tem em média 80% de óleo em sua composição, logo o etanol não é um solvente eficiente para essa

extração. Entretanto, abaixo nas Tabelas 3 e 4 pode-se observar que os rendimentos obtidos com o solvente acetato de etila foram mais altos e próximos do teor de óleo esperado em uma noz de macadâmia.

**Tabela 3 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e acetato de etila, com as amostras do tipo 1**

Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,2030	4,0932	78,67
2	5,2843	3,1959	60,48
3	5,4091	3,4204	63,23
4	5,2689	3,6203	68,71
5	5,5836	3,7904	67,88
6	5,4175	3,6679	67,71
7	5,2363	3,8546	73,61
8	5,3188	3,1253	58,76
9	5,4295	3,2776	59,27

**Fonte: Autoria Própria**

**Tabela 4 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Shaker e acetato de etila, com as amostras do tipo 2**

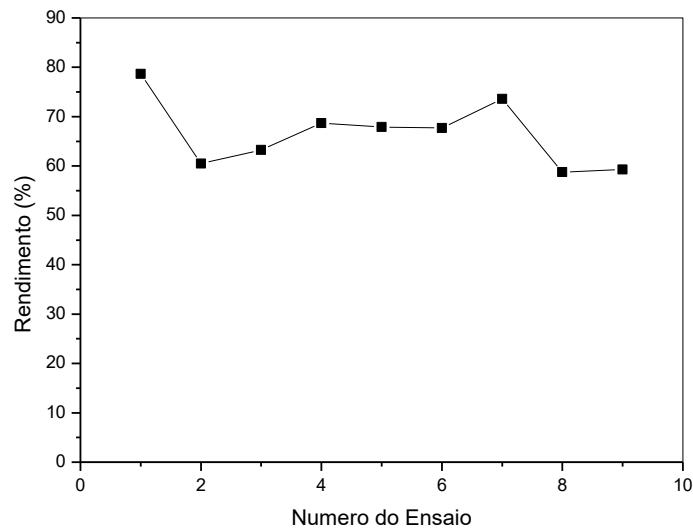
Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,1321	2,4946	48,61
2	5,1676	2,1047	40,73
3	5,3627	3,4962	65,19
4	5,0537	3,1113	61,56
5	5,0270	3,2370	64,39
6	5,2847	2,6973	51,04
7	5,0379	3,2887	65,28
8	5,1309	3,4762	67,75
9	5,4060	3,5372	65,43

**Fonte: Autoria Própria**

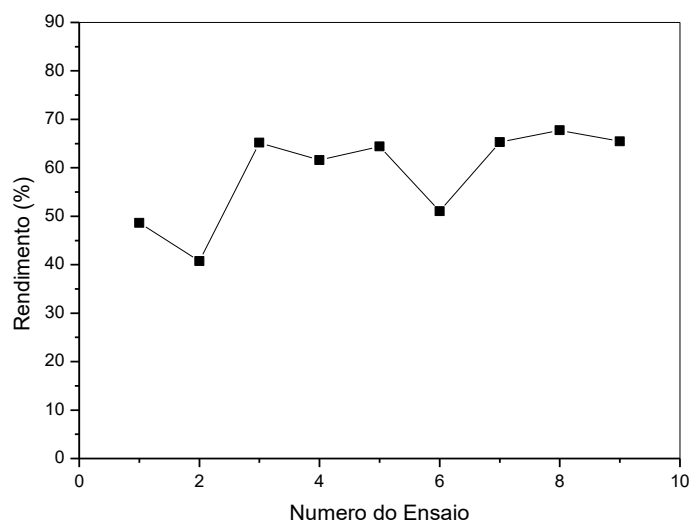
Considerando o mesmo padrão de numerações para os tempos de cada ensaio, pode-se perceber que para o acetato de etila o tempo também não foi um fator determinante na extração do óleo.

Nas extrações realizadas com o acetato de etila são possíveis observar que além de os rendimentos serem quase o triplo da quantidade obtida com o etanol, é também notável que as amostras do tipo 1 interagiram melhor com esse solvente e a

extração foi mais eficiente do que com as amostras do tipo 2. Os gráficos 3 e 4 abaixo demonstram os rendimentos obtidos para cada tipo de amostra.



**Gráfico 3: Rendimentos Extração Agitador com Acetato de Etila – Amostra tipo 1**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Gráfico 4: Rendimentos Extração Agitador com Acetato de Etila – Amostra tipo 2**  
**Fonte: Autoria própria.**

A média do rendimento obtido nas amostras do tipo 1 e tipo 2 foram, respectivamente, 66,48% e 58,89%. Além disso, é possível notar que mesmo retirando os pontos mais baixos que cada tipo de amostra obteve de rendimento, ainda assim a amostra tipo 2 tem rendimentos abaixo de 60%, o ensaio 6, e a amostra tipo 1 com rendimentos acima de 60%.

Logo, a interação amostra e solvente foi diferente quando estudado os rendimentos obtidos. A amostra tipo 1 que passou por um processo de secagem mais intenso com maiores temperaturas forneceu melhores resultados com acetato de etila, enquanto o etanol teve uma melhor interação com a amostra tipo 2 que foi somente seca, sem ser torrada. Também para avaliar os resultados obtidos com este solvente os desvios padrões foram calculados, para a amostra tipo 1 o desvio foi de 6,76 e para amostra tipo 2 foi 9,59.

### 5.3. EXTRAÇÃO COM ULTRASSOM

As extrações realizadas com ultrassom não tiveram variações de tempos em seus ensaios, e por isso foram realizadas somente triplicatas para cada solvente que foi utilizado.

Inicialmente foram pesadas 5g de amostra para seus ensaios para o posterior cálculo do rendimento, com o peso obtido do óleo extraído. Primeiramente foram realizadas as extrações com o acetato de etila tanto para amostra tipo 1 quanto para a tipo 1. Abaixo, nas tabelas 5 e 6 encontram-se os resultados dos rendimentos obtidos para esse solvente.

**Tabela 5 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e acetato de etila, com as amostras do tipo 1**

Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,2830	2,8266	53,50
2	5,1790	2,8983	55,96
3	5,0287	2,6217	52,13

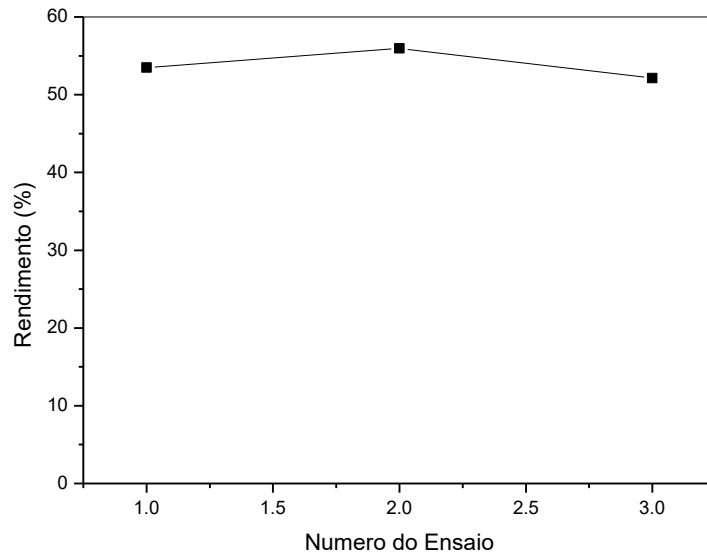
**Fonte: Autoria Própria**

**Tabela 6 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e acetato de etila, com as amostras do tipo 2**

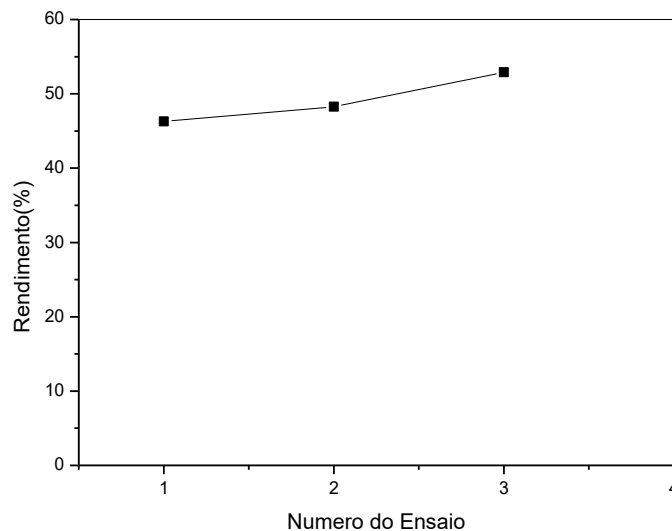
Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,0732	2,3480	46,28
2	5,0530	2,4392	48,27
3	5,1534	2,7264	52,90

**Fonte: Autoria Própria**

É possível notar que a amostra tipo 1 mostrou rendimentos maiores que a amostra tipo 2. Os gráficos 5 e 6 a seguir demonstram esses resultados.



**Gráfico 5: Rendimentos Extração Ultrassom com Acetato de Etila – Amostra tipo 1**  
Fonte: Autoria própria.



**Gráfico 6: Rendimentos Extração Ultrassom com Acetato de Etila – Amostra tipo 2**  
Fonte: Autoria própria.

Assim como na extração com agitador orbital utilizando o acetato de etila como solvente, a amostra tipo 1 interagiu melhor e forneceu melhores rendimentos na extração com ultrassom. Os desvios padrões foram calculados e demonstraram o mesmo comportamento obtido em agitador orbital, a amostra tipo 1 fornece resultados

com menor variações, os desvios para as amostras tipo 1 e tipo 2 foram, respectivamente, 1,94 e 3,39.

Entretanto, esse tipo de extração não foi tão eficiente quanto a outra testada anteriormente, concluindo que para o acetato de etila a utilização do agitador orbital é mais apropriada para obtenção de melhores rendimentos do que o ultrassom.

Para as extrações realizada com o etanol os mesmos procedimentos foram seguidos, e os resultados obtidos para ambos os tipos de amostra estão apresentados nas tabelas 7 e 8 a seguir.

**Tabela 7 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e etanol, com as amostras do tipo 1**

Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,0662	0,9393	18,54
2	5,0727	1,1455	22,52
3	5,0438	0,9946	19,72

**Fonte: Autoria Própria**

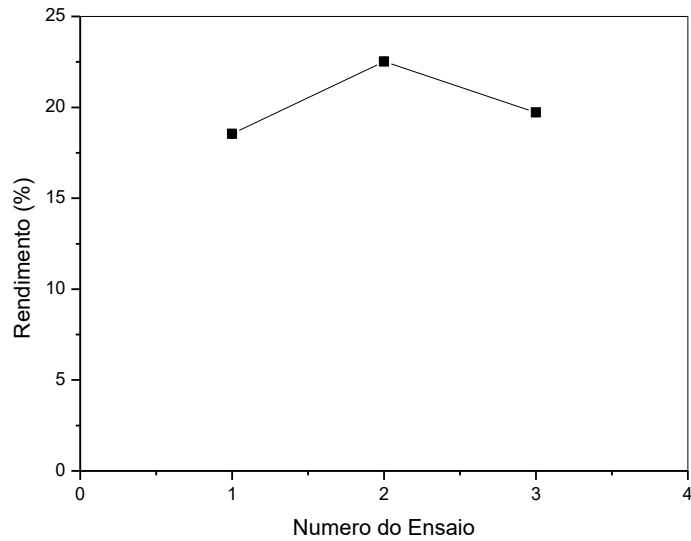
**Tabela 8 – Rendimento do óleo de macadâmia com a utilização de Ultrassom e etanol, com as amostras do tipo 2**

Amostra nº	Peso (g)	Óleo extraído (g)	Rendimento (%)
1	5,0550	0,7927	15,64
2	5,0132	0,8868	17,68
3	5,0230	0,7882	15,69

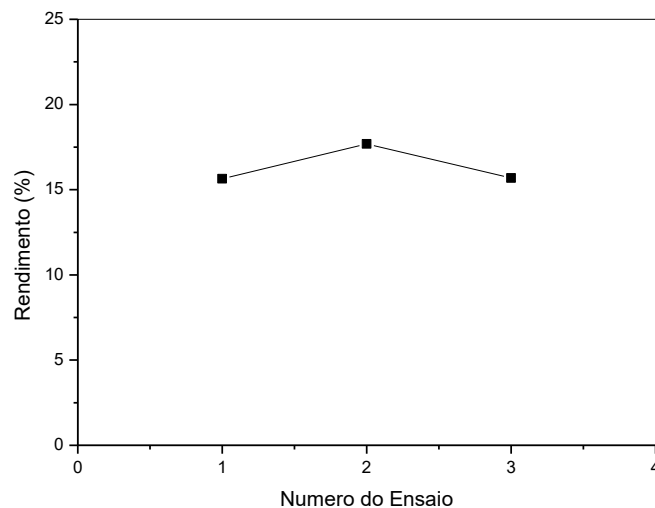
**Fonte: Autoria Própria**

Assim como para os outros resultados, os gráficos 7 e 8 a seguir foram plotados para a visualização dos rendimentos.





**Gráfico 7: Rendimentos Extração Ultrassom com Etanol – Amostra tipo 1**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Gráfico 8: Rendimentos Extração Ultrassom com Etanol – Amostra tipo 8**  
**Fonte: Autoria própria.**

Observando os gráficos e as tabelas obtidos por meio dos rendimentos da extração com etanol no ultrassom, novamente esse solvente apresentou rendimentos abaixo do esperado para a noz de macadâmia, mas na faixa já obtida anteriormente em outros métodos de extração, entre 15 a 25% de rendimento.

Dessa vez a amostra que interagiu melhor com o etanol foi a amostra do tipo 1, diferente dos resultados obtidos na extração com o agitador orbital. Entretanto, a amostra tipo 2 continuou mostrando resultados mais constantes na presença do etanol, como demonstra os desvios padrões calculados: 2,04 amostra tipo 1 e 1,16 amostra tipo 2.

#### 5.4. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS

As extrações realizadas em agitador orbital resultaram em maior rendimento de óleo, independente do solvente, do que as extrações realizadas em ultrassom. Por exemplo as médias dos rendimentos das amostras tipo 1 e tipo 2 no agitador orbital, com acetato de etila foram respectivamente, 66,48% e 58,89%, enquanto para as mesmas amostras e solvente no ultrassom, os rendimentos foram 53,86% e 49,15%. O mesmo padrão se repetiu para as extrações em que o etanol foi empregado.

Quanto aos solventes, o acetato de etila demonstrou obter uma melhor interação solvente e amostra do que o etanol. As médias de rendimento obtidas com o acetato foram de 49% a 67%, enquanto para o etanol foram de 16% a 25%.

Já para as amostras, apenas nas extrações realizadas no agitador orbital com etanol a amostra tipo 2 rendeu melhores resultados. Enquanto em todas as outras extrações dirigidas a amostra tipo 1 forneceu uma maior quantidade de óleo, independente de método e solvente. Tal acontecimento pode ser explicado devido a quantidade inferior de umidade presente na amostra 1, entretanto é mais interessante analisar a superfície do resíduo deixado na extração para obter resultados mais confiáveis quanto aos motivos das interações entre amostra e solvente.

De acordo com Zhu (2013, apud, NAVARRO e RODRIGUES, 2016) outros métodos de extração do óleo da noz de macadâmia possuem rendimento similares a maior média de rendimento obtida nesse trabalho, 66,48% com acetato de etila e agitador orbital. Os rendimentos que ele cita em seu trabalho são: 57,2% com éter de petróleo e ultrassom, 74,6% com éter de petróleo em Soxhlet e 68,5% com CO<sub>2</sub> e extração de fluido supercrítico.

#### 5.5. CENTRIFUGAÇÃO

As centrifugações foram realizadas em duas centrífugas diferentes, devido ao tamanho dos tubos Falcon. A seguir as figuras 3 e 4 mostram as amostras de óleo após a centrifuga.



**Figura 3 – Óleo de Macadâmia após centrifugação, extração com etanol.  
Fonte: Aatoria própria.**



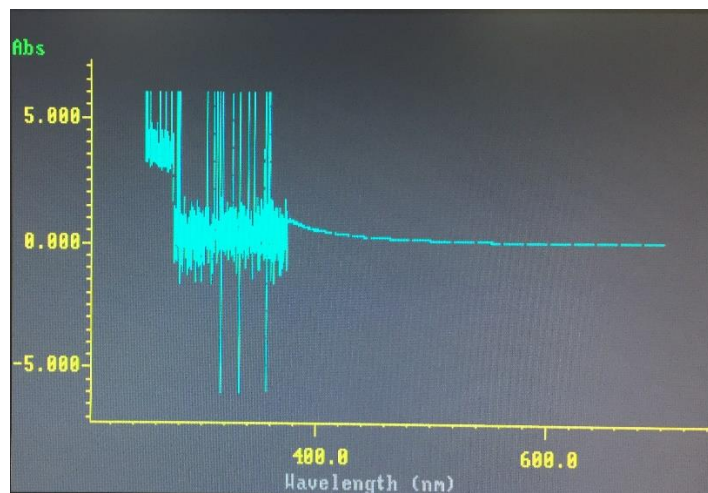
**Figura 4 – Óleo de Macadâmia após centrifugação, extração com acetato de etila,  
amostra tipo 1 (direita) e amostra tipo 2 (esquerda).  
Fonte: Aatoria própria.**

Na Figura 4 é possível perceber que o óleo obtido da amostra 1 apresenta uma coloração mais forte do que o óleo obtido da amostra tipo 2, isso pode ser explicado pela cor que as amostras ficaram após o processo de secagem.

## 5.6. CARACTERIZAÇÃO EM ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO MOLECULAR NA REGIÃO DO UV-VIS

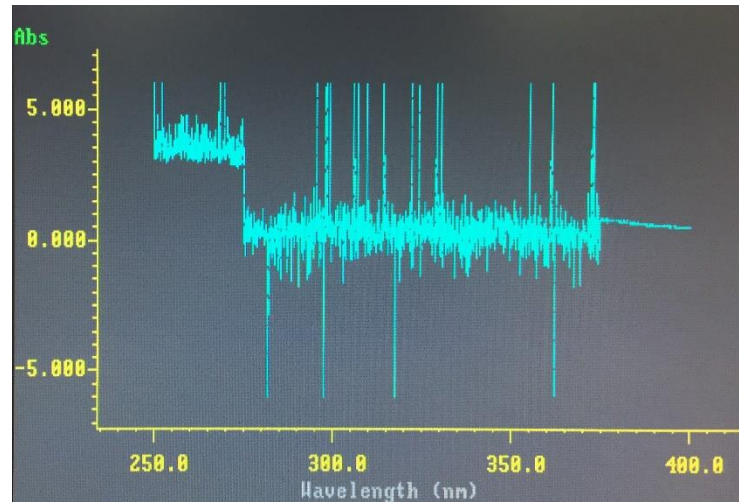
A caracterização no espectrofotômetro de absorção molecular na região do UV-vis foi realizada com amostras de óleos obtidos na extração com etanol no agitador orbital, sendo esse óleo extraído das amostras tipo 1.

A primeira varredura foi realizada com comprimentos de onda de 250nm a 700nm, para observar a presença de alguns grupos funcionais como: ácidos graxos, tocoferol e carotenoides, e o resultado obtido encontra-se na figura 5 a seguir.



**Figura 5: Espectro com comprimentos de onda 250nm a 700nm.  
Fonte: FEMTO 800XI.**

Contudo como os picos ficaram concentrados entre 250nm e 400nm, uma nova varredura foi realizada para facilitar a observação dos picos e posteriormente, a identificação dos grupos funcionais presentes correspondentes a cada um. A figura 6 a seguir demonstra essa nova varredura que foi realizada.



**Figura 6: Espectro com comprimentos de onda 250nm a 400nm.  
Fonte: FEMTO 800XI.**

Observando a figura 6 é possível notar uma quantidade alta de picos entre 300 e 400nm, principalmente até 370nm, esses picos sugerem a alta quantidade de ácidos graxos, como o oleico (FIGUEIRA, 2012).

Agora observando a figura 5, não há nenhum pico acima de 400nm o que pode ser explicado pela falta de clorofila, que pode já ter sido degradada (FERREIRA et al., 2017).

De acordo com Ferreira et al. (2017), a faixa que demonstra a presença do ácido oleico também pode apontar a presença de trioleína, que é um triaciglicerol formado a partir do ácido oleico. Logo, assim como já prevista em literatura, o óleo obtido da noz de macadâmia é altamente rico em ácido graxos, principalmente em ácido oleico e seus derivados.

## 6. CONCLUSÃO

Os métodos de extração utilizados se mostraram eficientes quando comparados com outras metodologias encontradas na literatura. Contudo, foi bem evidente que a extração com agitador orbital se mostrou mais eficiente, independente da variação do tempo. Esse método de extração por ser simples, de fácil manuseio e não perigoso deveria ser empregado mais vezes, ao invés de sempre a extração de óleos ser dirigida por Soxhlet.

A extração com ultrassom também demonstrou resultados significativos, mas não tão eficientes quando comparados com os rendimentos obtidos no agitador orbital. Entretanto, esse método não deve ser eliminado quando necessário a extração de pequenas quantidades de óleo, pois assim como o agitador, é de fácil manuseio e tem porte para pequenas extrações.

Quanto aos solventes, o acetato de etila se mostrou um solvente bastante eficiente, inclusive quando comparado com rendimentos obtidos por hexano ou éter de petróleo. Além disso, o acetato de etila é menos tóxico que os demais solventes e mais abundante para ser utilizado em extrações de altas quantias de óleo.

O espectro obtido na caracterização com a análise na região do UV-vis apenas confirmou o que a literatura já citava, a presença de ácido oleico e derivados. Mas para obter uma caracterização completa e também confirmar a presença dos outros ácidos graxos é importante analisar o óleo de outras maneiras, como a cromatografia gasosa e uma ressonância magnética nuclear.

## REFERÊNCIAS

BAÜMLER, E. R.; CARRÍN, M. E.; CARELLI, A. A. Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent. **Journal of Food Engineering**, Bahía Blanca (Argentina), v. 178, p. 190 – 197, 2015.

CRAVOTTO, G. et al. Improved extraction of vegetable oils under high-density ultrasound and/or microwaves. **Ultrasonic Sonochemistry**, Torino (Itália), v. 15, p. 898-902, 2008.

FERREIRA, L. S. et al. Caracterização de óleos e resinas vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. **Scientia Plena**, Santarém (PA), v. 13, n. 1, 2016.

FIGUEIRA, L. C. **Espectroscopia vibracional (no infravermelho e Raman) e espectrofotometria de absorção UV-vis dos óleos de buriti (*Mauritia flexuosa*) e de patauá (*Oenocarpus bataua*)**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2012.

FREITAS, L. dos S. **Desenvolvimento de procedimentos de extração do óleo de semente de uva e caracterização química dos compostos extraídos**. 2007. 227 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

FISCHER, C de R. et al. Estudo da extração com etanol do óleo da noz de macadâmia proveniente da região norte do Espírito Santo. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus (ES), v. 2, n. 2, p. 36 – 41, 2016.

GARCIA, P. da C. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de noz macadâmia (*Macadamia integrifolia*, Maiden e Betche) submetida ao processo de secagem e torra**. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

HOLLER, F. James; SKOOG, Douglas A.; CROUCH, Stanley R. **Princípios de análise instrumental**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2009.

MABAYO, V. I. F. et al. Optimization of oil yield from *Hevea brasiliensis* seeds through ultrasonic-assisted solvent extraction via response surface methodology. **Sustainable Environment Research**, Claveria (Filipinas), 2017.

MARO, L. A. C. et al. Caracterização química e perfil de ácidos graxos em cultivares de noqueira-macadâmia. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria (RS), v. 42, n. 12, 2012.

NAVARRO, S. L. B. **Extração alcóolica de óleos de gérmen de milho e de torta de macadâmia e aproveitamento do material desengordurado na produção de concentrado proteico**. 2016. 195 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2016.

NAVARRO, S. L. B.; RODRIGUES, C. E. C. Macadamia oil extraction methods and uses for the defatted meal byproduct. **Trends in food science and technology Journal**, Elsevier, Pirassununga (SP), v. 54, p. 148 – 154, 2016.

OLIVEIRA, R. dos S.; et al. Aplicação do processo de ultrassom na extração de catequinas dos resíduos de chá verde. **Brazil Journal of Food Research**. Campo Mourão, v. 7, n. 3, p. 29-40, 2016.

PIZA, P. L. B. T.; MORIYA, L. M. Cultivo da macadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal (SP), v. 36, n. 1, p. 039 – 045, 2014.

RIGUETI, A. L.; PEREIRA, C. de S. S.; MENDES, M. F. Avaliação do potencial do óleo extraído de resíduos de sementes de noz-macadâmia (*Macadamia integrifolia*). In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 2009, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2009.

SILVA, C. da, SILVA, S. B. Avaliação de solventes e condições experimentais para extração de óleo de sementes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Engevista**. Maringá (PR), v. 18, n. 2, p. 348 – 362, 2016.

VOGEL, Arthur Israel; MENDHAM, J. et al. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2002.

WALL, M. M.; Functional lipids characteristics, oxidative stability, and antioxidant activity of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) cultivars. **Food Chemistry Journal**, Hilo (HI), v. 121, p. 1103 – 1108, 2010.