



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

JOSEMAR VICENTE DE PAULA JÚNIOR

EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA BORRA DE CAFÉ

**CAMPINA GRANDE-PB
2018**

JOSEMAR VICENTE DE PAULA JÚNIOR

EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA BORRA DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida

**CAMPINA GRANDE-PB
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P324e Paula Junior, Josemar Vicente de.
Extração do óleo da borra de café [manuscrito] / Josemar Vicente de Paula Junior. - 2018.
31 p.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
1. Sustentabilidade. 2. Café. 3. Resíduo sólido. 4. Método Soxhlet. I. Título

21. ed. CDD 633.73

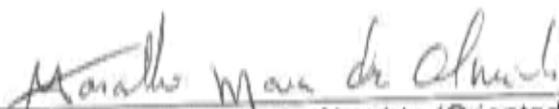
JOSEMAR VICENTE DE PAULA JÚNIOR

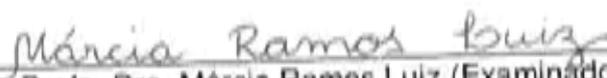
EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA BORRA DE CAFÉ

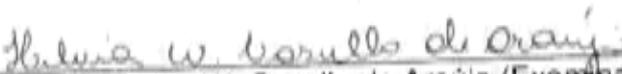
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 04/12/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Marcelo Maia de Almeida (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/DESA)


Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz (Examinador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/DESA)


Profa. Dra. Helvia W. Casullo de Araújo (Examinador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/DQ)

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial ao Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida, responsável pela realização deste trabalho.

Agradeço aos professores participantes da banca examinadora, Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz e Profa. Dra. Helvia W. Casullo de Araújo, pela disponibilidade de participar e pelas contribuições.

Agradeço também de forma grata e grandiosa a meus pais, Josemar Vicente de Paula e Ivoneide Nunes de Paula, a quem eu rogo todas as noites a minha existência.

E não deixando de agradecer a minha namorada e futura esposa, Rennally Shennia Costa Pessoa, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na realização do trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
1.1	OBJETIVOS.....	09
1.1.1	Objetivo Geral.....	09
1.1.2	Objetivos Específicos.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	O CAFÉ NO BRASIL.....	11
2.2	A BORRA DE CAFÉ E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	11
2.3	RESÍDUOS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS.....	14
2.4	EXTRAÇÃO.....	15
2.4.1	Métodos de Extração.....	16
2.4.1.1	<i>Soxhlet</i>	17
2.5	ESTADO DA ARTE.....	18
3	MATERIAIS E METODOLOGIA	20
3.1	PROCESSO DE EXTRAÇÃO.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
	REFERÊNCIAS	27

RESUMO

No Brasil devido ao grande consumo do café, uma volumosa quantidade de resíduo é gerada nas praças de alimentação de centros comerciais e instituições. A Universidade Estadual da Paraíba apresenta diariamente um grande descarte desta borra gerada pela produção de café e seu consumo. Este material lançado ao meio ambiente pode provocar um grande impacto ambiental haja vista ser de característica orgânica devido à proliferação de microrganismos. Este trabalho propõe o aproveitamento deste resíduo sólido a partir da extração do seu óleo para possivelmente utilizar como biocombustível ou alimentício, sendo de grande valor para a sustentabilidade do planeta. Realizou-se a secagem em estufa com circulação de ar em diferentes condições, utilizando um planejamento fatorial 2^3 com 3 repetições no ponto central. O processo de extração foi pelo método *Soxhlet*, que consiste na quantificação do óleo determinados por extração com o álcool etílico puro como solvente e posteriormente separação do óleo e solvente. A condição experimental utilizada foram volume do solvente (200mL), massa do pó da borra de café (2g) e temperatura de extração (90°C). A partir dos resultados encontrados observou-se que o rendimento da extração variou de 15,01% a 26,24% de óleo. Verificou-se que não apresentava impurezas na amostra final. Desta maneira é possível afirmar que o método utilizado se apresenta como viável a obtenção de óleo.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Café; Resíduo sólido; Método Soxhlet.

ABSTRACT

In Brazil, due to the large consumption of coffee, a large amount of waste is generated in the food courts of shopping centers and institutions. The State University of Paraíba presents daily a great discard of this sludge generated by the production of coffee and its consumption. This material released to the environment can have a great environmental impact as it is organic due to the proliferation of microorganisms. This work proposes the use of this solid residue from the extraction of its oil to possibly use as biofuel or food, being of great value for the sustainability of the planet. Drying was carried out in a greenhouse with air circulation under different conditions, using a factorial design 2^3 with 3 repetitions at the central point. The extraction process was by the Soxhlet method, which consists of the quantification of the oil determined by extraction with the pure ethyl alcohol as solvent and later separation of the oil and solvent. The experimental conditions used were solvent volume (200mL), dust mass of coffee grounds (2g) and extraction temperature (90°C). From the results obtained it was observed that the yield of the extraction ranged from 15.01% to 26.24% of oil. It was found that it had no impurities in the final sample. In this way it is possible to affirm that the method used presents as viable the obtaining of oil.

Key-words: Sustainability; Coffee; Solid waste; Soxhlet method.

1 INTRODUÇÃO

O serviço de alimentação coletiva é identificado como uma grande fonte de desperdício de alimentos. Medidas sustentáveis precisam ser tomadas neste setor para reduzir o desperdício de alimentos, melhorar a eficiência e diminuir a geração de resíduos que são descartados no ambiente (EQUIPE ECYCLE, 2013).

Uma das maiores e mais preocupantes problemáticas em torno dos resíduos sólidos estão relacionados ao seu destino e todas as consequências advindas deste para a população (LOPES; FONSECA, 2013). A destinação inadequada leva à degradação ambiental, além de constituir um meio para que haja o desenvolvimento e proliferação de microrganismos (RODRIGUES, 2007).

As agroindústrias de alimentos produzem anualmente grande quantidade de resíduos líquidos e sólidos. Estes resíduos são constituídos, principalmente, por material orgânico biodegradável e sua deposição gera sérios problemas ambientais. Apesar de poder ser aproveitada como ração animal ou disposta no campo, a maior parte dos resíduos agroindustriais ainda é descartada sem tratamento, com alto potencial de impacto ao meio ambiente (MELLO *et al.*, 2011).

No processo industrial para obtenção do café solúvel gera-se uma quantidade considerável de borra (para cada tonelada de café verde obtém-se aproximadamente 480 kg de borra), que é considerado como resíduo sólido e usualmente utilizada para gerar energia nas caldeiras “ecológicas”. Enquanto o café solúvel possui 0,1% de óleo, a borra possui cerca de 20% (CABRAL; MORIS, 2010).

O desenvolvimento de tecnologias para obtenção de extratos e óleos vegetais permite ao país deixar a posição de fornecedor de matéria-prima e almejar a posição de fornecedor de produtos com maior valor agregado.

Os processos mais recentes à base de solventes consistem na extração por sucessivas lavagens com um solvente orgânico das sementes previamente trituradas. Ramalho e Suarez (2012) afirmaram que o solvente mais utilizado é o n-hexano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Extração do óleo da borra de café seca em estufa com circulação de ar.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Extração do óleo da borra de café desidratada em diferentes condições na condição ótima de extração obtida por Batista *et al.* (2016).
- Reduzir os impactos ambientais causados pelo não reaproveitamento da borra de café.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CAFÉ NO BRASIL

A relação entre os brasileiros e o café é construída há séculos, onde há presença na mesa da maioria dos consumidores. O Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta foi o responsável por trazer o café ao Brasil em 1727, mais precisamente pelo Norte do país, na cidade de Belém, trazido da Guiana Francesa. Já naquela época o café possuía grande valor comercial (DPASCHOAL, 2006).

Maior produtor e exportador de café desde meados do século XIX. O produto, no Brasil, é uma das *commodities* mais comercializadas do mundo. Segundo dados da CONAB e ICO, em 2015, o Brasil foi responsável por 33,5% de todo o café comercializado no mercado internacional. Sendo Minas Gerais o estado com mais produção de sacas de café, já os EUA lideram o *ranking* de países que mais importam o café produzido no país.

Na indústria de café solúvel, uma tonelada de café verde origina em média 650 kg de borra; por sua vez, 1 kg de café solúvel produzido origina 2 kg de borra úmida, com 70-80% de umidade (VEGRO; CARVALHO, 2006).

2.2 A BORRA DE CAFÉ E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

O café é uma das bebidas preferidas dos brasileiros, mas além de delicioso, o café também é um ótimo fertilizante para a terra, pois torna o solo mais fértil, rico em nutrientes, contribuindo para o bom desenvolvimento das plantas. No entanto, o incorreto descarte traz alguns malefícios para o meio ambiente. Quando jogada no lixo, se decompõe e libera metano, gás cujo efeito é 20 vezes mais potente que o CO₂ no desequilíbrio do efeito estufa. Com isso, a busca por fontes renováveis e menos ofensivas ao meio ambiente aliado a implementação das tecnologias chamadas de “produção mais limpa” com o passar do tempo incentivaram as pesquisas do reaproveitamento da borra do café (EQUIPE ECYCLE, 2013).

Segundo a NBR 10.004, a borra do café é classificada como Resíduo Classe II, não Inertes, que representam resíduos que tem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 1987).

A utilização da borra de café como fertilizante, parece ser muito promissora por ser rica em matéria orgânica e em macro e micronutrientes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização da borra do café.

Parâmetros	Concentração (%)
Matéria orgânica	90,46
Carbono/Azoto (C/N)	22/1
Azoto	2,30
Fósforo	0,15
Potássio	0,35
Cálcio	0,08
Magnésio	0,13
Alumínio	0,03
Ferro	0,01

Fonte: Mussatto *et al.* (2010).

A composição orgânica e a composição mineral da borra afetam a sua eficiência como adubo, como vantagem, pode-se citar a alta porcentagem de matéria orgânica e a elevada quantidade de potássio (VIOTTO, 1991). Porém, a baixa quantidade de nitrogênio e sua acidez, aproximadamente pH de 4,2 são um inconveniente do uso para este fim (SILVA *et al.*, 1997).

Outro fator importante é a quantidade de ácidos graxos, que está diretamente ligada à contaminação ao meio ambiente quando descartada.

Tabela 2: Óleos no café.

	Grão de café verde	Grão de café torrado	Borra de café de grão torrado	Borra de café comercial
Ác. palmítico	X	X	X	X
Ác. esteárico	X		X	
Ác. oleico	X		X	
Ác. benzoico			X	X
Ác. araquidônico	X			
Ác. linoleico		X		
Ác. linolênico		X	X	X
Ác. adípico		X		

Fonte: Rocha *et al.*(2013).

Ao analisar a Tabela 2, pode-se observar que borra de café comercial apresentou menos ácidos graxos que a borra de café do grão torrado, isso se deve ao processo de industrialização do café. Além disso, também é possível observar que tanto no café na forma de grão como na de borra existe diferentes tipos de ácidos graxos.

A borra do café é rica em açúcares, distribuídos nas porcentagens: 46,8% de manose, 30,4% de galactose, 19% de arabinose e 3,8% de glucose, constituindo uma fonte favorável para a produção de compostos por processos químicos ou microbiológicos (MUSSATTO *et al.*, 2010).

Este resíduo é usado como combustível alimentando caldeiras, em geral, na própria indústria, devido ao seu alto teor de fibras e de óleo, sendo, por isso, um produto de alto poder calorífico (TANGO, 1971). Essa queima é importante no sentido de minimizar os custos (utilizando esses subprodutos em outras etapas do processo) e reduzir os problemas ligados a poluição ambiental (PEDRO NETO; FERREIRA, 1998).

Segundo Naidu e Murthy (2010), outra potencialidade da borra, assim como dos outros resíduos de café, reside no seu uso como matérias-primas na obtenção de alimentos funcionais ou nutracêuticos, devido à presença de compostos fenólicos e/ou com propriedades funcionais na sua composição. A borra de café foi ainda

considerada um adsorvente de baixo custo e facilmente disponível para a remoção de corantes catiônicos no tratamento de águas residuais (FRANCA *et al.*, 2009).

Os principais países produtores de café têm como prioridades a reutilização do mesmo, tanto por razões ecológicas como econômicas e sociais. Foram feitos estudos com o intuito de avaliar a utilização da borra do café nomeadamente na produção de cogumelos, biogás, composto/vermicomposto e de biodiesel, embora a maior parte dos processos não seja tecnologicamente eficiente, causa poluição ou é economicamente inviável (SANTOS, 2010).

2.3 RESÍDUOS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

A crescente preocupação com os problemas ambientais tem levado a um aumento do interesse sobre a destinação dos resíduos agroindustriais, que segundo Cunha (1992) não existia em décadas passadas, quando milhões de sacas de café verde foram simplesmente destruídas por queima, lançamento ao mar e aterros.

Os materiais orgânicos dos resíduos, na sua grande maioria, necessitam sofrer transformações para que adquira condições compatíveis com aquilo que se convencionou chamar “matéria orgânica” e que, na sua essência, são os compostos orgânicos capazes de induzir mudanças benéficas no solo sob o ponto de vista agrícola, como inibir as atividades de microrganismos, vegetais e animais (MORELLI; RIBEIRO, 2009).

Apesar da grande quantidade de resíduos gerados no meio agrícola e agroindustrial, apenas uma pequena porcentagem é aproveitada. Werther *et al.* (2000) destacam inúmeros outros problemas que afetam a utilização desses resíduos como fonte energética. Dentre eles, está a dificuldade de transporte, os altos custos de investimentos em unidades geradoras de energia elétrica, a disponibilidade de outros combustíveis com baixo custo e a alta demanda de mão-de-obra, fatores que podem inviabilizar seu aproveitamento tanto em pequenas como em grandes unidades geradoras.

2.4 EXTRAÇÃO

O desenvolvimento de novas técnicas de separação nas indústrias químicas e de alimentos tem recebido um grande impulso nos últimos anos devido primeiramente às imposições ambientais, regulamentos da saúde pública e a necessidade de minimização de custos energéticos (COELHO *et al.*, 1996).

A extração é uma operação físico-química de transferência de massa, onde os sólidos solúveis e voláteis podem ser extraídos por manter-se contato entre o solvente e os sólidos. Os processos que ocorrem são meramente físicos, pois o óleo transferido para o solvente é recuperado sem nenhuma reação química (CLARK, 1985).

A escolha do solvente é um fator importante no processo de extração sólido-líquido. Raramente é possível selecionar o solvente ideal, mas algumas características devem ser atentamente analisadas para que o processo seja viável (MOGENSEN, 1982):

- Seletividade: habilidade do solvente para extrair o soluto do material em estudo.
- Viscosidade: alta viscosidade do solvente reduz a taxa de transferência de massa, influenciando o grau e a taxa da extração.
- Densidade: as densidades das duas fases devem ser diferentes para facilitar a separação delas.
- Volatilidade: solventes mais voláteis são mais fáceis de recuperar, diminuindo o custo do processo.
- Ponto de ebulição: fator limitante para a temperatura do processo de extração. Deve-se trabalhar em temperaturas inferiores ao seu ponto de ebulição, para evitar perdas de solvente.
- Inflamabilidade: importante no que diz respeito à segurança.
- Toxidez: aspecto extremamente importante e pode ser considerado sob três níveis: risco para o operador, risco quando liberado ao meio ambiente e risco para consumidor.
- Custo: este deve ser analisado para se estimar o custo de operação, mas deve ser feito baseando-se na efetividade do solvente.

A extração de lipídeos é uma determinação importante em estudos bioquímicos, fisiológicos e nutricionais dos mais diversos tipos de alimentos.

Algumas amostras requerem cuidados especiais para a obtenção da fração lipídica, pois fatores como co-extração dos componentes não-lipídicos e a oxidação indesejada podem influenciar a qualidade final da fração lipídica (FOLCH *et al.*, 1957)

2.4.1 Métodos de Extração

Não existe um único e melhor processo de extração de óleos e gorduras, pois ele depende das características da fonte oleaginosa para se ter um melhor rendimento.

A extração com solventes consiste basicamente na exposição da matéria-prima pré-tratada a diferentes solventes, resultando os compostos de interesse. Para a utilização dos extratos (em especial os alimentos), as amostras devem ser submetidas a operações posteriores, como filtração, centrifugação e remoção do solvente (GIL-CHÁVEZ *et al.*, 2013).

A técnica de extração empregada na obtenção de extratos de produtos naturais influencia diretamente sua qualidade e sua composição final. O procedimento de extração é determinado pela família de compostos a ser extraída e se o objetivo é quantitativo ou qualitativo, ou seja, o rendimento de processo e a composição dos extratos dependem tanto do solvente utilizado como do método de extração aplicado (MOURE *et al.*, 2001).

As diferentes técnicas de extração podem estar baseadas em mecanismos químicos diferentes, como por exemplo, a solubilidade de substâncias no solvente utilizado é função sua polaridade, ou seja, diferentes substâncias serão extraídas de acordo com o grau de polaridade e o solvente utilizado. A característica hidrofílica ou lipofílica do composto a ser extraída afeta sua solubilidade no solvente, e da mesma forma, a polaridade do solvente também tem impacto sobre a eficácia da extração (BISCAIA, 2007).

Segundo Perrut (2000), como a tecnologia estar sempre em avanço, existe uma tendência global na busca por processos menos agressivos ao meio ambiente, resultando em estudos e aplicações industriais de tecnologias envolvendo fluidos supercríticos, uma vez que a maioria de suas aplicações pode utilizar solventes inofensivos tanto ao meio ambiente como à saúde humana. Neste método os rendimentos obtidos dependem da pressão e da temperatura empregada durante a extração, bem como o tamanho e o formato das partículas de semente.

A extração de substâncias biologicamente ativas pode ser realizada através de técnicas convencionais de extração como ultrassom e a extração *Soxhlet*. Nestes casos, são utilizados solventes orgânicos, tais como: etanol, hexano, diclorometano, acetato de etila, acetona, entre outros. Estas técnicas são comumente aplicadas nas indústrias química, farmacêutica e de alimentos para a produção de extratos diversos. No entanto, estes processos envolvem uma etapa adicional de eliminação de solventes, que além de aumentar o gasto energético da extração, não é capaz de promover a remoção completa deste, deixando resíduos que podem conferir toxicidade ao extrato (SCALIA, 1999).

As sementes de goiaba que são descartadas pela indústria e que representam cerca de 6 a 12% do peso do fruto têm um rendimento em óleo entre 10 a 16%, rico em ácido oléico e ácido linoléico (SINHA *et al.*, 2012). Já as sementes de pimento que são separadas do fruto e descartadas, antes de se consumir ou processar a sua polpa, constituem cerca de 60% do peso total do fruto seco, contendo entre 12 a 26% de óleo (MATTHAUS; OZCAN, 2009).

No caso da abóbora, estudos demonstram que as suas sementes são uma fonte de proteínas (32-40%), fibras (23-27%) e lipídeos (44-50%), sendo os últimos ricos em ácidos gordos mono e polinsaturados, vitamina E e vitaminas do complexo B (VERONEZI; JORGE, 2010).

Conforme estudos realizados por Sousa (2012) pelo método de *Soxhlet* e utilizando o solvente n-hexano, pode observar que o maior rendimento em óleo obtido foi com a semente de abóbora ($47,8 \pm 1,16\%$) seguindo-se a semente de tomate ($23,7 \pm 0,13\%$), pimento ($21,4 \pm 0,04\%$), grainha de uva ($10,2 \pm 3,41\%$) e goiaba (1,7%).

Coelho (2015) estudou a extração do óleo de sementes de quiui pelo método de *Soxhlet* e obteve um rendimento superior com o solvente n-hexano ($33,52 \pm 1,02\%$) em relação ao etanol ($31,50 \pm 0,37\%$).

2.4.1.1 *Soxhlet*

O primeiro aparelho para extração dos lipídeos em matrizes graxas foi desenvolvido por Franz Von Soxhlet em 1879 e esta técnica vem sendo considerada padrão por mais de um século. Nesse processo a amostra está sempre em contato com o solvente, havendo a constante renovação do solvente. Além disso, não há

necessidade de filtração ao término da extração (CASTRO; PRIEGO-CAPOTE, 2010).

Como todo método de extração possui seus prós e contras, o *Soxhlet* não é diferente. Castro e Priego-Capote (2010) citam algumas de suas vantagens, como: a amostra entra em contato com o solvente de extração várias vezes, o que facilita o equilíbrio da transferência; o sistema de extração é mantido em uma temperatura relativamente alta e constante, o que pode contribuir para a extração dos compostos que se encontram nos poros da matriz sólida; não há necessidade de filtração para separação da matéria-prima do solvente ao término do procedimento; existe a possibilidade de se realizar várias extrações simultaneamente, devido ao baixo custo do equipamento.

Segundo Araújo (2004) esse processo possui algumas desvantagens, são elas: longo tempo de processo, podendo variar de 1h a 72h; elevada quantidade de solvente empregada, necessitando de uma etapa posterior de eliminação do solvente após a extração, o que exige grande dispêndio de energia; integridade dos compostos extraídos pode ser afetada pela decomposição térmica ou pela reação com o solvente, já que, durante a extração, o recipiente que contém o solvente e os compostos já solubilizados é mantido na temperatura de ebulição do solvente.

2.5 ESTADO DA ARTE

Adans e Dougan (1985) citam valores de 10 a 12% de proteína, 22 a 27% de lipídeos e de 35 a 44% de fibra para a borra de café integral, enquanto Ravindranath *et al.* (1972), analisando borras resultantes da extração de café solúvel a partir de variedade robusta e arábica, encontraram teores de proteína, óleo e fibra de 14 a 14,8%, 7,9 a 14% e de 19,7 a 22,1%, respectivamente. O teor de óleo encontrado na amostra final (Ravindranath *et al.* (1972)), após a extração do óleo da borra de café com éter de petróleo foi na faixa de 8 a 17%.

O processo de extração do óleo da borra de café foi estudado por Freitas *et al.* (2000) utilizando como solvente o éter de petróleo e o etanol comercial. Os resultados obtidos no trabalho foram: rendimento de aproximadamente de 25,6% utilizando éter de petróleo como solvente e 30 a 65% utilizando etanol, ressaltando que a borra utilizada nos ensaios era pré-tratada em moinho de facas piloto ou moída e extrusada.

Estudos com borra de café realizados por Andrade (2011) comparou os métodos de extração para um mesmo solvente e definiu que a extração em *Soxhlet* apresenta maiores rendimentos em relação ao ultrassom. Os melhores rendimentos foram obtidos utilizando etanol (15,0%) como solvente. Os resultados indicam também que os solventes de maior polaridade levam a maiores rendimentos de extração, sugerindo que os compostos presentes na matriz vegetal apresentam polaridade de intermediária a alta. No entanto, na extração em *Soxhlet* com hexano (12,0%), o rendimento foi próximo ao de solventes mais polares, como acetato de etila (11,8%) e diclorometano (10,8%), sugerindo também a presença de compostos de caráter lipofílico, mais facilmente solubilizados em solventes apolares, como o hexano.

Batista *et al.*, (2016) estudaram a determinação de lipídeos com o solvente orgânico hexano e etanol comercial utilizando o método de *Soxhlet*, onde observou o melhor rendimento de 16,71% e 27,88% respectivamente, na condição máxima de volume (200mL) e temperatura (90°C), por outro lado, na condição mínima da massa da borra (2g).

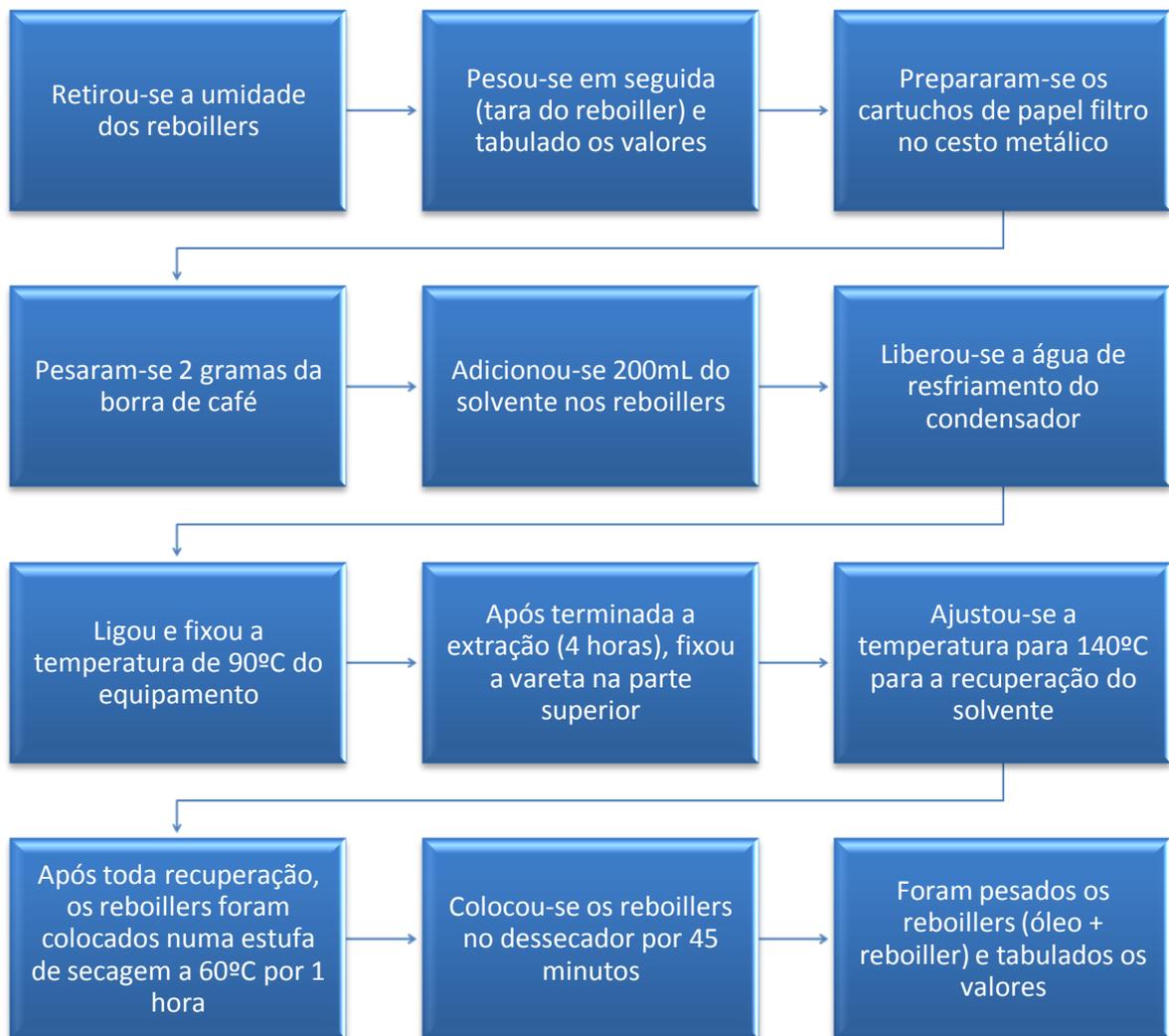
3 MATERIAIS E METODOLOGIA

As amostras da borra de café, resultante da produção da bebida café, foram coletadas no *Campus I* da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Os experimentos de extração foram realizados no laboratório de físico-química do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), localizado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – *Campus I*, no Centro de Ciências e Tecnologia. A secagem foi feita em estufa com circulação de ar realizada por Albuquerque *et al.* (2016) e posteriormente armazenado em embalagens plásticas á vácuo. Foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^3 com três repetições no ponto central.

3.1 PROCESSO DE EXTRAÇÃO

A extração do óleo foi determinado pelo método de *Soxhlet*, que consiste em quantificar os lipídeos da borra com um solvente orgânico (álcool etílico puro) e posteriormente a separação do óleo e o solvente. Após a evaporação do solvente, determinou-se o teor de lipídeos que corresponde ao resíduo remanescente. A técnica consistiu nas seguintes etapas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1: Etapas do processo de extração.

Onde reboiller é o recipiente utilizado para colocar o solvente de extração.

O cálculo do rendimento foi feito utilizando a Equação:

$$\% \text{óleo} = \left(\frac{m_{\text{óleo} + \text{reboiller}} - m_{\text{tara do reboiller}}}{m_{\text{amostra}}} \right) \times 100$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos no processo de extração de óleo da borra de café, utilizando como solvente de extração o álcool etílico puro. Os ensaios foram realizados de acordo com a melhor condição de extração com álcool comercial utilizado por Batista *et al.* (2016). A condição encontrada pelos autores foi com massa 2g, temperatura de 90°C e volume do solvente de extração 200mL.

Tabela 3: Resultados experimentais da extração de óleo.

Amostra	Condições de Secagem			Extração
	Massa Inicial (g)	Temperatura (°C)	Tempo (h)	Óleo (%)
1	300	70	8	16,76
2	500	70	8	15,83
3	300	50	8	16,50
4	500	50	8	26,24
5	300	70	12	15,85
6	500	70	12	17,20
7	300	50	12	18,58
8	500	50	12	15,01
9	400	60	10	15,63
10	400	60	10	15,99
11	400	60	10	15,98

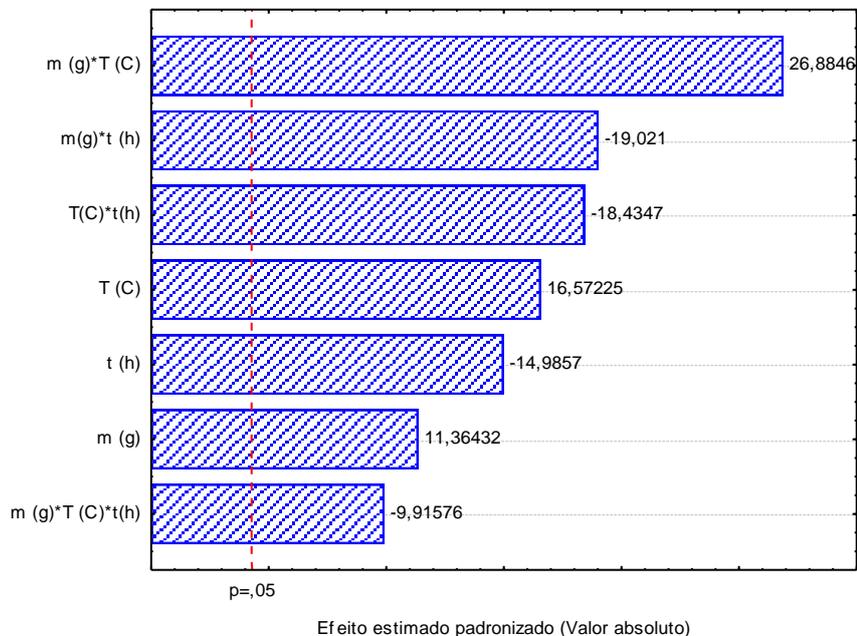
A Tabela 3 mostra que para a borra de café seca no ensaio 4 para maior quantidade de massa, e menor tempo e temperatura de secagem esta borra apresentou maior teor de extração de óleo obtendo-se em torno de aproximadamente 26,24%. Este valor é menor ao que foi encontrado por Batista *et al.* (2016) quando realizado a extração com solvente comercial no valor de 27,88%.

Contudo, os autores observaram que o óleo extraído se apresentava contaminado e escuro. O valor encontrado também foi semelhante ao de Freitas *et al.* (2000) utilizando como solvente o éter de petróleo no valor de 25,6%.

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos do percentual de óleo da extração da borra de café realizou-se a análise estatística do planejamento experimental para um nível de confiança de 95%. A Figura 2 apresenta o diagrama de Pareto para esta variável dependente.

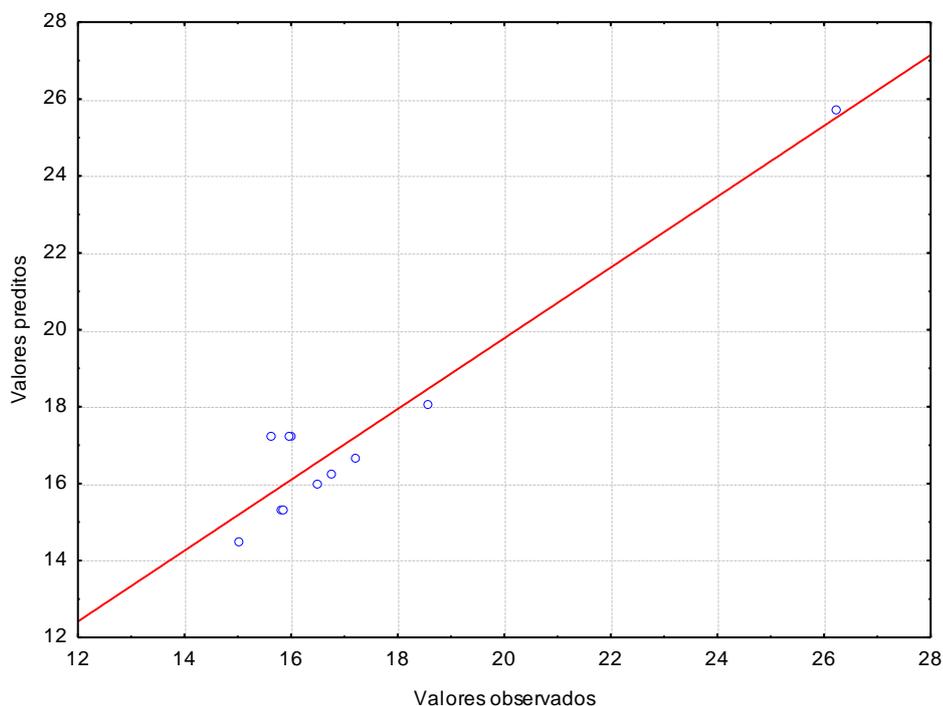
Figura 2: Diagrama de Pareto.



Embora todos os parâmetros tem influencia direta no rendimento de extração de óleo, verifica-se a partir do diagrama de Pareto que o efeito combinado entre a massa e temperatura é o mais importante entre todos, pois quanto maior for seus valores melhor será o seu rendimento de extração. Massa e tempo, e temperatura e tempo também são importantes, contudo influenciam negativamente, ou seja, quanto menor forem seus valores, melhor será o rendimento de extração. O efeito individual mais importante do parâmetro da secagem da borra obtida para extração do óleo foi a temperatura de secagem sendo esta positiva. Este fato pode estar relacionado com a mudança na estrutura do material após a secagem favorecendo a extração.

A Figura 3 descreve a dispersão entre valores preditos e observados.

Figura 3: Representação gráfica dos valores preditos e observados.



Verifica-se que os resultados se encontram distantes da diagonal e uma concentração de pontos numa região específica o que indica uma má qualidade de ajuste do modelo linear estatístico proposto. Este resultado pode ser corroborado com o valor do coeficiente de determinação de aproximadamente 0,92 apresentado na análise de variância do modelo na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados da análise de regressão da % de remoção de lipídeos.

	Variável Resposta	Qualidade do Ajuste (%)	Coeficiente de Correlação	Teste F (Regressão)		
				F _{calc}	F _{tab}	F _{calc} /F _{tab}
Modelo linear	%L	0,735	0,921	4,97	8,89	0,56
Modelo não linear	%L	0,996	0,999			

A partir do teste de hipótese F observa-se que o modelo linear proposto não é estatisticamente significativo apresentando uma razão entre o F calculado e o F tabelado igual a 0,56, o que a maioria dos autores recomenda esse valor ser acima

de 2,0. Desta maneira propõem-se realizar um modelo com configuração estrela não linear onde o teste de curvatura de acordo com a Tabela 4 mostra resultados bem superiores do coeficiente de determinação e da qualidade do ajuste.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de extração do óleo da borra de café apresenta viabilidade, tendo em vista que os resultados alcançados neste âmbito são bastante promissores, pois há um grande consumo e a elevada quantidade de borra de café que diariamente tem como destino o lixo doméstico e lixões da cidade e conhecendo as propriedades ainda existentes na borra de café descartada, o seu reaproveitamento é de elevada importância visto que ela é bastante prejudicial ao meio ambiente. Pode ser utilizado como adubo, repelente, eliminador de mau cheiro, limpeza doméstica, limpeza de pele, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 1987. 5p.

ADANS, M.R.; DOUGAN, J. **Waste products**. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. *Coffee: technology*. London: Elsevier Applied Science, 1985. v.2, p.282-291.

ALBUQUERQUE, J. C.; ALMEIDA, M.; SOUZA, E. S.; SANTIAGO, A. M.; BATISTA, G. L. A. S.; ARAUJO, M. B. V. **Cinética de secagem da borra de café em estufa com circulação de ar**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), 2016, Fortaleza – CE.

ANDRADE, K. S. **Avaliação das técnicas de extração e do potencial antioxidante dos extratos obtidos a partir da casca e da borra de café (*Coffea arabica* L.)**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2011.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 4.ed. Belo Horizonte. Editora UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2004. 415p.

BATISTA, G. L. A. S.; SOUZA, E. S.; ALMEIDA, M. M.; ALBUQUERQUE, J. C.; ARAUJO, M. B. V.; ARAUJO, H. W. **Extração do óleo da borra do café: alternativa para redução dos impactos ambientais**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), 2016, Fortaleza – CE.

BISCAIA, D. **Comparação entre tecnologia supercrítica e técnicas convencionais de extração para obtenção de extratos de própolis avaliados através de suas atividades biológicas**. Florianópolis: UFSC, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CABRAL, M. S.; MORIS, V. A. **Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, 2010.

CASTRO, M. D. L.; PRIEGO-CAPOTE, F. **Soxhlet extraction: Past and present panacea**. *Journal of Chromatography A*, v. 1217, p. 2383-2389, 2010.

CLARK, N. A. **Surface memory effects in liquid crystals: Influence of surface composition**. *Physical Review Letter*, v.55, p.292 - 295, 1985.

COELHO, L. A. F.; DE OLIVEIRA, J. V.; D'ÁVILA, S. G. **The effects of temperature and solvent density on the characteristics of the extracts from SCFE of rosemary oil.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v.13, p.51, 1996.

COELHO, R. A. **Obtenção de óleo de quiuí (*Actinia deliciosa*) utilizando extração com solvente pressurizado e extração assistida com ultrassom.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Café: Safra 2015 Primeira Estimativa.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 09 de março 2017.

CUNHA, M. R. **Apêndice estatístico.** In: BACHA, Edmar L. & GREENHILL, R. 150 anos de café. Rio de Janeiro, Marcellino Martins & E. Johnston. 1992. p. 286-388.

DPASCHOAL, L. N. **Aroma de Café.** DPaschoal, 2006.

EQUIPE ECYCLE, 2013. **Borra de café: cinco usos que podem ajudar as plantas do jardim.** Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/1414-borra-de-cafe-cinco-usos-que-podem-ajudar-as-plantas-do-jardim-.html>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2017.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S.; J. Biol. Chem. 1957, 226, 497.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; FERREIRA, M. E. **Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds.** Desalination, 249, 267– 272, 2009.

FREITAS, S. P.; MONTEIRO P. L.; LAGO R. C. **Extração do óleo da borra de café solúvel com etanol comercial.** 1º Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2000, Poços de Caldas. In: v. 2. p. 740-743.

GIL-CHÁVEZ, G. J.; VILLA, J. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; HEREDIA, J. B.; SEPULVEDA, D.; YAHIA, E. M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. **Technologies for extraction and production of bioactive compounds to be used as nutraceuticals and food ingredients: an overview.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. p. 5–23. USA. 2013. ISSN 1541-4337.

ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. 2015. **Statistics**. Disponível em: <http://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 09 de março de 2017.

LOPES, M. L.; FONSECA, V. V. **Estudo do manejo dos resíduos de um restaurante institucional da região Sul Fluminense**. Interbio, v. 7, n. 1, p. 47-53, 2013.

MATTHAUS, B.; OZCAN, M. M. **Chemical evaluation of some paprika (*Capsicum annum L.*) seed oils**. European Journal of Lipid Science and Technology. 110: 637-644, 2009.

MELLO, L. M. R. **Viticultura brasileira: panorama 2011**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 115).

MOGENSEN, A. O. **Choice of solvent in extraction**, In: AIChEMI modular instructions: Series B, Stagewise and mass transfer operations. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1982. (Extraction and Leaching 3. Module B3.5).

MORELLI, M. R.; RIBEIRO, D. V. **Resíduos Sólidos: Problema ou Oportunidade?**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M. J.; PARAJÓ, J. C. **Natural antioxidants from residual sources**. Food Chemistry, v. 72, p. 145-171, 2001.

MUSSATTO, S. I.; CARNEIRO, L. M.; SILVA, J. P. A.; ROBERTO, I. C.; TEXEIRA, J. A. **A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds**. "Carbohydrate polymers" Article in press. 2010.

NAIDU, M. M.; MURTHY, P. S. **Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products**. Food and Bioprocess Technology. doi: 10.1007/s11947-010-0363-2, 2010.

PEDRO NETO, C.; FERREIRA, M. C. **Secagem de borra de café em leite de jorro**. In: Congresso de iniciação científica, 1998, São Carlos: UFSCAR, 1998. p.102.

PERRUT, M. **Supercritical Fluid Applications: Industrial development and economic issues**. In: Proceedings of the 2nd International Meeting on High Pressure Chemical Engineering, 2001, Hamburg, Germany, CD-ROM, 2000.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ P. A. Z. **A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino.** Revista virtual de química. 5: 2-15, 2012.

RAVINDRANATH, R.; YOUSUF ALI KHAN, R.; OBI REDDY, T.; THIRUMALA RAO, S.D.; REDDY, B.R. **Composition and characteristics of Indian coffee bean, spent grounds and oil.** J. Sci. Fd Agric., v.23, p.307-310, 1972.

ROCHA, C. C.; REIS, A.; CHAVES, A. R. M. **Caracterização qualitativa de ácidos graxos como componentes dos óleos de grão de café verde, café torrado e borra de café.** In: Simpósio de pesquisas do café do Brasil, 8, 2013, Salvador. Anais eletrônicos: Salvador, 2013.

RODRIGUES, G. K. D. **Segurança alimentar em UAN escolar: aspectos higiênico-sanitários e produção de resíduos orgânicos.** Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
SILVA, M. A.; NEBRA, S. A.; MACHADO, M. J.; SANHEZ, C. G. **The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry.** Campinas, 1997.

SANTOS, D. M. **Desenvolvimento de método para obtenção de energia a partir da produção de biodiesel via extração de óleo de borra de pó de café em escala laboratorial.** São Paulo, USP Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2010.

SCALIA, S.; GIUFREDDA, L.; PALLADO, P. **Analytical and preparative supercritical fluid extraction of Chamolile flowers and its comparison with conventional methods.** J. Pharm. Biomed. Anal., v. 21, p. 549-58, 1999.

SILVA, M. A.; NEBRA, S. A.; MACHADO, M. J.; SANHEZ, C. G. **The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry.** Campinas, 1997.

SINHA, N.; SIDHU, J.; BARTA, J.; WU, J.; CANO, M. P. **Handbook of fruits and fruit processing.** Second edition. John Wiley & Sons, Ltd, 2012.

SOUSA, V. R. **Extração e caracterização de óleo de sementes de frutos.** Dissertação de mestrado. Tecnologia de Alimentos, Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, 2012.

TANGO, J. S. **Utilização industrial do café e dos seus subprodutos.** Boletim do ITAL, Campinas, v.28, n.2, p.48-73, 1971.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. **Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café.** Inf. Econ., 24, p. 9-16, 2006.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. **Aproveitamento de sementes de abóbora (Cucurbita sp) como fonte alimentar.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 14: 113-124, 2010.

VIOTTO, L. A. **Projeto e Avaliação econômica de sistemas de Secagem de Borra de Café.** Tese de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 1991.

WERTHER, J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. **Combustion of agricultural residues.** Progress in energy and combustion science. Hamburg: Kenya, 2000. p.1-27.