

# OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DA CAFEÍNA DA CASCA DE CAFÉ DA ESPÉCIE *Coffea arabica*

T. T. SILVA<sup>1</sup>, A. P. S. CAPUCI<sup>2</sup>, J. R. D. FINZER<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

**RESUMO** – A partir do Planejamento Composto Central em cinco níveis ( $-\alpha$ ,  $-1$ ,  $0$ ,  $1$ ,  $\alpha$ ) com repetição nos pontos centrais, os dados de temperatura e tempo ótimos encontrados, dentro da faixa analisada dessas variáveis pelo teste de hipótese  $t$  de Student no software Statistica, foram  $149,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $5,1$  minutos, respectivamente, e corresponderam ao teor máximo de cafeína extraída de  $0,87\%$  (m/m). No entanto, na prática foi possível extrair  $0,56\%$  de  $1,3\%$  (m/m) de cafeína em condição otimizada. A cafeína extraída não precisa ser purificada, desde que seja cristalizada a partir da água. O perfil de temperatura de torra definiu que quanto menor for a temperatura e o tempo, maior será a quantidade de cafeína extraída, enquanto que a análise granulométrica definiu que quanto menor for o diâmetro da casca de café, maior será a quantidade do composto obtido. O rendimento obtido da extração de cafeína da casca in natura foi de  $0,41\%$  enquanto que a literatura apresenta um teor de  $1,3\%$  (m/m). O conteúdo de umidade presente na casca de café in natura e torrada foi de  $20,116\%$  e  $6,251\%$  (m/m), respectivamente. As considerações finais foram a divergência de teores de cafeína pode ter ocorrido pela não idealidade do processo, como a variação da temperatura, visto que a temperatura tem maior influência no teor de cafeína obtido, e a utilização de torrefador diferente, sendo necessário o estudo de otimização da faixa de parâmetros que se encaixe melhor na configuração do equipamento disposto, e pela condição heterogênea da quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na casca de café.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é reconhecido pela organização internacional de café, *International Coffee Organization – IOC*, como o maior país produtor, consumidor e exportador, de café arábica e robusta do mundo. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – EMBRAPA, na última década, a produção mundial de café aumentou em  $28\%$  e o Brasil, em meio a esse cenário, teve aumento na produção de café de  $42\%$ , indo de  $36,1$  milhões de sacas produzidas, no ano-safra de 2007/2008, para  $51,4$  milhões de sacas produzidas, no ano-safra de 2016/2017. E as exportações brasileiras tiveram um acréscimo de  $21\%$ , nesse mesmo período, passando a exportar  $34,3$  milhões de sacas de café em geral (EMBRAPA, 2017). O café nacional, tanto arábica quanto robusta, é muito apreciado pelo mercado externo e interno, ficando o Brasil em primeiro lugar no ranking de consumo e exportação do grão. Já no quesito produção, a liderança mundial é devido a abundância e a fertilidade do território e o clima favorável do país para a produtividade do café.

De acordo com o contexto estudado por Yoshida (2005), o impacto dos resíduos produzidos no processamento do café pode ser ilustrado pelos valores de apenas 6% do café processado constituir a porção destinada à produção de pó de café, enquanto os outros 94%, subprodutos, como água de lavagem, polpa, casca. O aumento do resíduo gerado após o beneficiamento do grão é proporcional ao aumento da produção de café, isto é, a relação entre a obtenção do grão beneficiado e a casca de café é de 1:1 (m/m). Ao considerar uma área de 200.000 ha, com uma produção estimada de 240.000 t de café em coco, isso resulta em aproximadamente 140.000 t de café beneficiado, ou seja, aproximadamente 140.000 t de casca de café são produzidas (EMBRAPA, 2002).

Uma vez que é gerado um volume alto de resíduo durante o beneficiamento do café, para o cenário de comércio atual, faz-se necessário pesquisas para sua destinação. Dentre os destinos mais comuns da casca de café, pode-se citar alimentação para ruminantes, fornecimento de nutrientes e matéria orgânica em processo de adubação orgânica, controle de plantas daninhas (EMBRAPA, 2002). Há também pesquisas recentes da viabilização do processo de extração da cafeína utilizando a casca de café para esse fim. É o objetivo geral desse trabalho e o caso das pesquisadoras Yoshida (2005) e Fernandes (2007) que conseguiram extrair 1,20% m/m de cafeína de 1,3% m/m presente na casca, utilizando a metodologia do Chaves *et. al* (2004).

A cafeína é um derivado xantínico muito utilizada como um potente estimulante cerebral e é reconhecida também como estimulante psicomotor, pois ela estimula regiões do sistema nervoso central, como centros medulares e córtex cerebral. Os efeitos fisiológicos característicos da cafeína são a redução da fadiga, aumentando a vivacidade mental e a vigília, e efeito diurético.

A partir do contexto exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral propor uma destinação a esse resíduo através da extração sólido-líquido da cafeína, a partir da casca de café da espécie *Coffea arabica*, variedade catuaí vermelho.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A casca de café utilizada foi a da espécie *Coffea arabica*, variedade catuaí vermelho. Nesse trabalho, foram utilizadas cascas oriundas do ano-safra de 2017-2018. Elas foram fornecidas por um produtor da região de Araguari-MG, armazenada em sacos de juta, após processamento do café coco. Elas foram limpas manualmente e com o auxílio de uma peneira Tyler de *mesh* número 8 (abertura de 2,362 mm), e fundo, retirando fuligem, galhos e grãos de café.

Para a torrefação das cascas de café foi utilizado um torrador contendo um cilindro de torra da marca Carmomaq modelo MOD - TP1, sob rotação quantificada em 36 rpm. A temperatura foi monitorada através de um termômetro de mercúrio adaptado ao torrador. O tempo foi controlado por meio de um cronômetro. Inseriu-se dentro do cilindro de torra sob rotação, após o mesmo atingir a temperatura desejada, cerca de 100 g de massa de casca de café, para cada experimento realizado, quantificada em uma balança semi-analítica da marca Gehaka, modelo BG1000. O início do tempo de torra foi considerado quando o torrador atingiu novamente a temperatura planejada, após a inserção das cascas, visto que a temperatura diminuía quando estas eram inseridas. Ela foi monitorada a cada 1 min, após a câmara de torra atingir o valor desejado, a fim de verificar sua variação em função do

tempo. Ao final do tempo de torra, as cascas, assim como as *in natura*, foram moídas com o moedor comercial da marca Hamilton Beach, modelo 80374 – BZ. As cascas moídas foram submetidas a separação granulométrica, utilizando de peneiras da série Tyler, da marca Bertel, de mesh números 35 (abertura de 0,417 mm), 48 (0,295 mm) e fundo. Para a extração por pressão com água a massa da amostra quantificada foi a retida na peneira de mesh número 48, com diâmetro médio intermediário das cascas de 0,36 mm, pois é a granulometria mínima que evita o entupimento do filtro da cafeteira. Para cada experimento realizado, foi pesada a massa de 5 g de casca moída (retida na peneira de interesse) na balança analítica da marca Gibertini, modelo E425 – B.

O teor de umidade foi medido e calculado, em triplicata, tanto para a casca *in natura* quanto para a torrada, de acordo com a metodologia física para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008). Em uma balança analítica, pesou-se 5 g de casca de café em uma cápsula de porcelana, previamente tarada. Aqueceu-se a amostra durante 3 horas em uma estufa com circulação de ar, da marca FANEM modelo ORION 520 com controlador analógico de temperatura, a 105 °C. Em seguida, resfriou-se essa amostra em um dessecador até atingir a temperatura ambiente, posteriormente, quantificando sua massa. Essa operação de aquecimento e resfriamento foi repetida, tantas vezes quanto foram necessárias, para atingir a massa constante da amostra vegetal. O cálculo do teor de umidade a 105 °C por cento m / m é demonstrado a seguir pela equação (1).

$$U(\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (1)$$

O estudo de extração foi feito em torno dos pontos centrais de 160 °C e 6 minutos de torração, utilizando do Planejamento Composto Central realizado em cinco níveis (- $\alpha$ , -1, 0, 1,  $\alpha$ ) com repetição nos pontos centrais, demonstrado logo abaixo pela tabela 1, construído pelo *software Statistica*, juntamente com as equações de descodificação estatística utilizadas (2), para a temperatura de torra, e (3), para o tempo de torra, para encontrar a temperatura e o tempo em que se consegue extrair maior quantidade de cafeína da casca de café.

**Tabela 1** - Planejamento Composto Central para a extração de cafeína

<i>Experimentos</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tempo (min)</i>
1	150 (-1)	5 (-1)
2	150 (-1)	7 (1)
3	170 (1)	5 (-1)
4	170 (1)	7 (1)
5	145,9 (- $\alpha$ )	6 (0)

<b>6</b>	174,1 ( $\alpha$ )	6 (0)
<b>7</b>	160 (0)	4,6 ( $-\alpha$ )
<b>8</b>	160 (0)	7,4 ( $\alpha$ )
<b>9</b>	160 (0)	6 (0)
<b>10</b>	160 (0)	6 (0)
<b>11</b>	160 (0)	6 (0)
<b>12</b>	160 (0)	6 (0)
<b>13</b>	160 (0)	6 (0)
<b>14</b>	160 (0)	6 (0)
<b>15</b>	160 (0)	6 (0)
<b>16</b>	160 (0)	6 (0)

$$\pm\alpha = \frac{T(^{\circ}C) - 160}{10}$$

(2)

$$\pm\alpha = \frac{t(min) - 6}{1}$$

(3)

A extração da cafeína foi feita utilizando a cafeteira comercial da marca Polti, modelo Espresso 3000 da linha aroma. O equipamento contém um reservatório de água com volume aproximado de 1000 mL, no qual foi adicionado o mesmo volume de água destilada (solvente), purificada pelo sistema de purificação da marca Gehaka, modelo osmose reversa 10 LTH. Para cada experimento, foi realizada uma única extração de 50 mL de solução, exceto na quantificação de cafeína presente na casca in natura, para qual foram realizadas dez extrações consecutivas de 50 mL cada, contabilizando um volume total extraído de 500 mL.

A determinação da cafeína foi realizada de acordo com o método utilizado por Chaves et. al (2004). Em um balão volumétrico de 50 mL, foi adicionada a massa de 0,5000 g de óxido de magnésio (MgO), pesada em uma balança analítica. Em seguida, foi retirada uma alíquota de 20 mL de solução, de cada experimento, da extração sólido-líquido de 50 mL. Esse volume foi transferido para o balão contendo MgO, o qual foi completado com água destilada, e essa nova solução foi homogeneizada. Adicionou-se o balão em banho-maria, pré-aquecido, a 95°C, conforme figura 17. O tempo de reação do óxido com a matéria orgânica presente na solução foi de 30 min. O equipamento utilizado foi o banho-maria da marca Quimis, modelo Q – 218 – 2. Após o tempo de aquecimento, a

solução foi resfriada até a temperatura ambiente. Neste intervalo, houve a decantação do MgO juntamente com as impurezas. Da solução sobrenadante, foi retirada uma alíquota de 2 mL que foi transferida para um funil de separação. Nesta mesma vidraria foi adicionado o volume de 4 mL de clorofórmio para proceder a extração líquido-líquido da cafeína presente na solução para o solvente orgânico. Agitou-se o funil, por 1 min aproximadamente, para mistura dos dois líquidos. Em seguida, deixou-os em repouso para separação de fases. A fase translúcida, definida pelo líquido mais denso, foi separada e submetida a quantificação da cafeína. Retirou-se 2 mL do líquido de interesse e transferiu esse volume para um tubo de ensaio. Este tubo foi colocado dentro de uma estufa com circulação de ar, da marca FANEM modelo ORION 520 com controlador analógico de temperatura, pré-aquecida a 65 °C, e permaneceu lá por 3 h para evaporação total do clorofórmio. Após o tempo citado, a cafeína encontrou-se aderida a parede da vidraria. Adicionou-se 10 mL de água morna a uma temperatura de 40 °C para elevar a dissolução da cafeína, e com auxílio de um bastão de vidro, foi-se retirando a mesma da parede do tubo de ensaio, ilustrado pela figura 21, agitando-o, em seguida, durante 1 min. Assim pode-se proceder a realização da leitura da amostra de cada experimento no espectrofotômetro no comprimento de onda de 274 nm. Os valores de absorbância obtidos foram utilizados na curva de calibração de cafeína para cálculo da concentração do composto extraído. As concentrações encontradas foram submetidas aos cálculos de quarta proporcional para se obter os teores (% m/m) de cafeína extraída, e estes valores, submetidos ao teste de hipótese *t* de *Student* no *Statistica*, utilizando probabilidade máxima de erro com nível de significância de 5%, para modelagem estatística de otimização do processo.

A extração e a determinação de cafeína foram realizadas também, excetuando-se para estudo da condição ótima, para análise granulométrica, validação do teor ótimo teórico da cafeína extraída na prática e quantificação da cafeína presente em *casca in natura*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teor de umidade em base úmida tanto da casca *in natura* quanto da casca torrada foram respectivamente,  $\bar{x} = 20,116$  kg água / kg casca úmida e  $\bar{x} = 7,585$  kg água / kg casca úmida, casca torrada. Ao analisar os valores do conteúdo médio de umidade da casca em situação *in natura* e torrada, pode-se verificar que durante o processo de torra em condição ótima, houve uma redução da umidade equivalente a 68,93%, restando apenas 31,07% de conteúdo úmido na casca torrada. Esta pequena porcentagem de umidade presente na matéria vegetal após a etapa de torrefação é importante, pois a amostra torna-se seca e facilmente quebradiça, favorecendo, assim, de forma positiva, a etapa de moagem, preservando a abertura das peneiras e aumentando a quantidade de casca moída retida na peneira de interesse.

De acordo com a análise de dados, da equação de otimização e do gráfico de superfície de resposta, conforme mostra a figura 1, feitos através do *Statistica*, pode-se verificar que quanto menor for a tempo e a temperatura, maior será a quantidade de cafeína extraída.

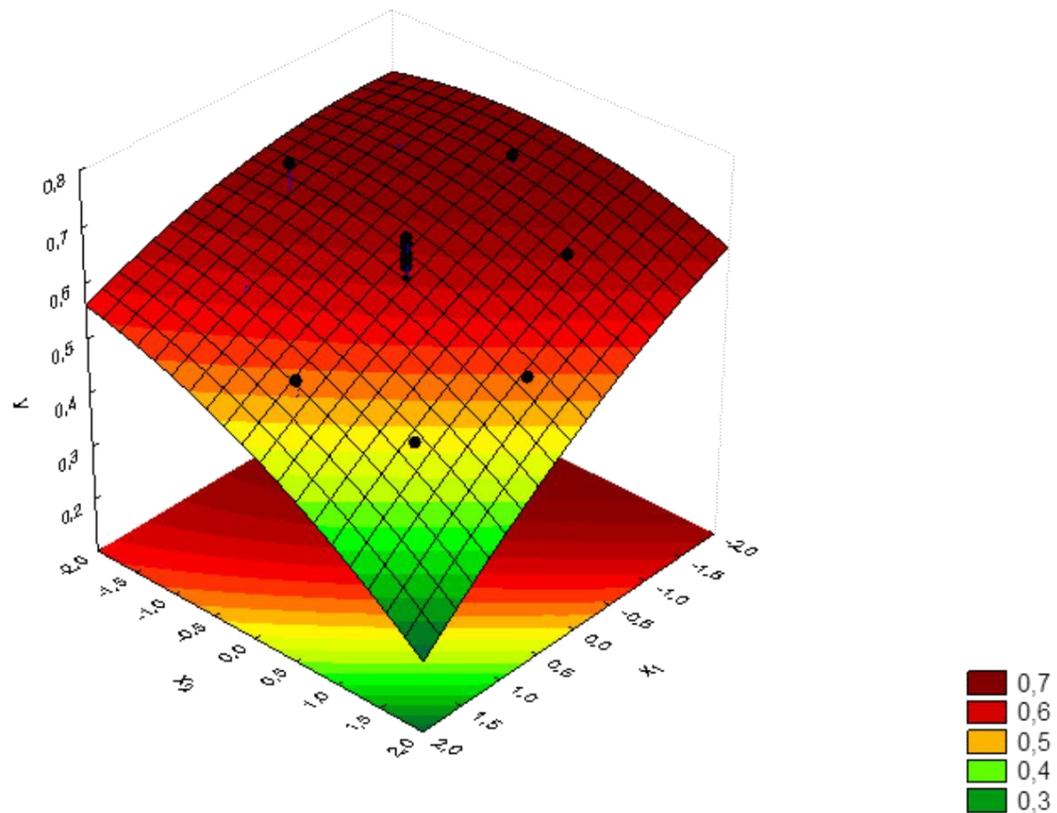


Figura 1 - Superfície de resposta do teor de cafeína extraída (y) em função das variáveis codificadas temperatura ( $x_1$ ) e tempo ( $x_2$ )

$$y = 0,616 - 0,066 \cdot x_1 - 0,047 \cdot x_2 \quad r^2 = 0,7865 \quad (4)$$

Dentro da faixa estudada de temperatura e tempo, os pontos ótimos foram -1,414 e -0,8998, correspondendo aos valores 149,5 °C e 5,1 min respectivamente. Nessas condições pode-se extrair 0,87% de 1,3 m/m, o que representa uma extração de aproximadamente 62,31%. A variável temperatura tem maior influência para se extrair maior quantidade de cafeína e também quanto menor for o tempo de torrefação e a variação crescente da temperatura ao longo do tempo, maior será o teor de cafeína extraída. Devido a característica vegetativa das amostras, o que compreende a heterogeneidade da matéria, não há como garantir a mesma quantidade de cafeína extraída na repetição dos experimentos, o que pode ter acarretado o valor baixo do  $r^2$ .

Quanto menor for o diâmetro da casca de café, maior será a quantidade de cafeína extraída, ou seja, o aumento da superfície de contato do vegetal favorece a quebra das células, possibilitando um maior contato do solvente com o soluto de interesse.

No entanto, para a validação do teor de cafeína extraída quantificado em condição ótima pelo *Statistica*, o resultado prático não foi compatível com o proposto pelo *software*, que foi de 0,87% enquanto que o encontrado na prática foi de 0,56%. O desvio do teor de cafeína extraída, dado pela

não idealidade do processo pode ter acontecido pela heterogeneidade da matéria vegetal e/ou pela elevada variação da temperatura ao longo da torração das cascas.

A média da quantidade de cafeína determinada na casca in natura foi de 0,4103% enquanto que para Yoshida (2005) foi de 1,3% m/m. O baixo teor de cafeína quantificado pode ser explicado pela ausência da etapa de torra do vegetal, a qual favorece a liberação do composto xantínico através do enfraquecimento e/ou rompimento das células, e pelo conteúdo úmido medido, que dilui a cafeína liberada no meio.

#### 4. CONCLUSÃO

A metodologia utilizada no presente trabalho para a extração de cafeína da casca de café da espécie *Coffea arabica*, variedade Catuaí vermelho, conseguiu extrair 0,56% de 1,3% m/m de cafeína, ou seja, conseguiu extrair 43,08% de cafeína presente na matéria vegetal, em uma única extração em condição operacional otimizada. Quanto a condição da cafeína extraída, pode-se concluir que não há necessidade de purificação, visto que a cafeína extraída a partir da metodologia apresentada e cristalizada a partir da água apresenta-se de forma pura.

Os dados de temperatura e tempo ótimos encontrados, dentro da faixa analisada dessas variáveis pelo teste de hipótese *t* de *Student* no software *Statistica*, foram 149,5 °C e 5,1 minutos, respectivamente, e corresponderam ao teor máximo de cafeína extraída de 0,87%. O desvio de 36% entre os valores gerado pelo *software* e obtido prática foram distintos, provavelmente, pela não idealidade do processo, como a variação da temperatura, visto que a temperatura tem maior influência no teor de cafeína obtido, e pela condição heterogênea da quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na casca de café.

A diferença da modelagem de otimização e na quantidade de cafeína extraída em relação aos estudos de Yoshida (2005) e Fernandes (2007), pode ter tido interferência da heterogeneidade da matéria vegetal e do número de extrações de uma mesma amostra. Outro ponto de interferência, que deve ser levado em consideração utilização de distintos equipamentos de torra, com configurações de troca de calor diferentes, que podem influenciar na abertura das células vegetais, impedindo a liberação total da cafeína ou até mesmo estimulando a sublimação do composto. É necessário o estudo de otimização da faixa de parâmetros que se encaixe melhor na configuração do torrador disposto.

De acordo com a análise da superfície de resposta da modelagem do processo de extração, quanto menor for a temperatura e o tempo, maior será a quantidade de cafeína extraída. Esta máxima é validada pelo estudo dos perfis de temperatura nas cinco condições temporais de torra que demonstra que quanto menor for o tempo de torrefação e a variação crescente da temperatura ao longo do tempo, maior será o teor de cafeína extraída.

A condição operacional otimizada possibilitou uma redução em 68,93% do conteúdo de umidade presente na casca de café, indo de 20,116% à 6,251%, o que favoreceu positivamente a etapa de moagem, visto que a matéria vegetal se tornou mais quebradiça e seca, evitando o entupimento da

abertura das peneiras e elevando o rendimento da amostra. A condição ótima também contribuiu para a análise de cafeína extraída em diferentes granulometrias, da qual pode-se constatar que quanto menor for o diâmetro da casca de café, maior será a quantidade de cafeína extraída, ou seja, o aumento da superfície de contato do vegetal favorece a quebra das células, possibilitando um maior contato do solvente com o soluto de interesse.

A mesma metodologia de extração e determinação de cafeína utilizada para o planejamento composto central, foi também utilizada para a quantificação da cafeína presente na casca in natura. No entanto, o rendimento obtido foi de 0,41% enquanto que a literatura apresenta um teor de 1,3%. O baixo teor de cafeína quantificado pode ser explicado pela ausência de aquecimento da casca de café, o qual favorece enfraquecimento e/ou rompimento das células, liberando maior quantidade de cafeína, e mantém um elevado conteúdo úmido, que dilui este composto xantínico liberado no meio.

Quanto a heterogeneidade da casca de café, segue a sugestão de controle desta matéria para esse fim, de extração de cafeína. O controle baseia-se no monitoramento das condições de plantio, da etapa de secagem e retirada da casca no processo de beneficiamento do café e do armazenamento desta matéria vegetal, a fim de mitigar algum risco que possa vir a ameaçar a integridade física das cascas de café.

## 5. REFERÊNCIAS

CHAVES, J. C. D.; MIYAZAWA, M.; BLOCH, M. F. M.; YAMAKAMI, J. K. Estimativa do teor da cafeína das sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas adultas. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287 – 292, 2004.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Produção mundial de café cresceu de 124 milhões para 159 milhões de sacas na última década. 29 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26234229/producao-mundial-de-cafe-cresceu-de-124-milhoes-para-159-milhoes-de-sacas-na-ultima-decada>>. Acesso em: 05 set. 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diversas utilidades da casca de café. 2002. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/704891/diversas-utilidades-da-casca-de-cafe>>. Acesso em: 05 set. 2017.

FERNANDES, G. Extração e Purificação de cafeína da casca de café. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5845/Documentos\\_166.pdf?sequence=1](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5845/Documentos_166.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 05 set. 2017.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008. p. 98 – 99.

YOSHIDA, L. M. Extração de solúveis da casca de café torrada. 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp059054.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2017.

## 6. AGRADECIMENTOS

---

**OS AUTORES AGRADECEM À FAPEMIG PELO APOIO PRESTADO.**

Uberaba, 30 de Novembro e 01 de Dezembro de 2018