

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

EDUARDO LOLATO
TAIS SAMARA DEMARCO

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SUBPRODUTOS (CASCA E POLPA) DO CAFÉ DESIDRATADO POR DIFERENTES
PROCESSOS DE SECAGEM

São Miguel do Oeste – SC

2018

EDUARDO LOLATO
TAIS SAMARA DEMARCO

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SUBPRODUTO DO CAFÉ DESIDRATADO POR DIFERENTES PROCESSOS DE
SECAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Tecnologia em Alimentos do
Câmpus São Miguel do Oeste
do Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção do
diploma de Tecnólogo em
Alimentos.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Danielle
Cristina Ferreira Honorato;
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cíntia
Ladeira Handa.

São Miguel do Oeste – SC

2018

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SUBPRODUTOS (CASCA) DO CAFÉ DESIDRATADO POR DIFERENTES PROCESSOS
DE SECAGEM

EDUARDO LOLATO
TAIS SAMARA DEMARCO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de
Tecnólogo em Alimentos e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo
indicada.

São Miguel do Oeste, 27 de Novembro de 2018.

Prof^a. Dr^a. Danielle Ferreira Honorato.

Prof^a. Dr^a. Stefany Arcari

Prof^o. Dr. Fernando Sanches de Lima

As assinaturas da banca estão devidamente registradas na ata de defesa, arquivada junto
à Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela vida e por ter nos dado força para continuar diante das dificuldades encontradas.

Agradecemos aos nossos familiares pelo incentivo e companheirismo na execução desta etapa, não deixando-nos desistir.

Ao Instituto Federal, nosso muito obrigado pelo ensino de qualidade, e por abrir novos caminhos e oportunidades.

Agradecemos imensamente a Fazenda Ubatuba, pela ajuda e compreensão, principalmente às amostras (casca e polpa de café).

Agradecemos imensamente a nossa orientadora Dr^a Danielle Honorato e a coorientadora Dr^a. Cíntia Ladeira Handa pela dedicação, paciência e ensinamentos transmitidos nesse percurso. Também ao professor Dr. Fernando Sanches de Lima e a professora Dr^a. Stefany Arcari, pelo auxílio na execução das análises e todo conhecimento transmitido.

Agradecemos as técnicas de laboratório do Instituto Federal, Larissa Becker, Francieli Maria e Ane Luize de Oliveira, por todo auxílio oferecido durante a realização desta etapa.

Agradecemos aos amigos e colegas de turma pelo incentivo nesta caminhada.

Somente podemos expressar nosso agradecimento com o sentimento de gratidão à quem esteve conosco na realização e concretização desta etapa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química da casca e polpa de café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) <i>in natura</i>	26
Tabela 2: Misturas do delineamento simplex centróide e funções respostas.....	26
Tabela 3: Coeficientes da regressão para o modelo cúbico especial.....	27
Tabela 4: ANOVA para o modelo cúbico especial para os dados.....	28
Tabela 5: Comparação do valor predito com o encontrado para a melhor mistura de solventes.....	29
Tabela 6: Conteúdo de Compostos fenólicos totais e Atividade Antioxidante pelos diferentes métodos de secagem/desidratação.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conteúdo de compostos fenólicos pelos diferentes métodos de extração.	23
Figura 2: Superfície de Contorno para Compostos fenólicos totais e Atividade antioxidante.	24
Figura 3: Gráfico de valores preditos e desejabilidade em função do sistema de solventes para casca e polpa de café arábica.	25

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM SUBPRODUTOS (CASCA E POLPA) DO CAFÉ DESIDRATADO POR DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM

Eduardo Lolato ¹; Tais Samara Demarco ¹; Cíntia Laderia Handa ¹; Danielle Cristina Honorato ¹.

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do Oeste, CEP 89900-000, SC.

RESUMO

O beneficiamento do café arábica (*Coffea arabica* L.) pode ser realizado pela via úmida ou seca, sendo que as distintas produzem uma grande quantidade de resíduos. Na via úmida os principais são a casca e polpa, os quais representam 45 % do grão *in natura*. Estes possuem uma composição bem variada, ressaltando o alto teor mineral e de compostos fenólicos, porém seu principal destino é para nutrição animal e cobertura de solos. Por isso, o objetivo do trabalho será avaliar o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante em cascas e polpa desidratadas por diferentes processos de secagem, visando efetuar um melhor aproveitamento do resíduo. As cascas e polpa de café foram caracterizadas quanto a sua composição química por análises físico-químicas, e secas/desidratadas naturalmente, em estufa e liofilizadas, em sequência foi avaliado o conteúdo de compostos fenólicos totais, por Folin e a atividade antioxidante por DPPH[•], ABTS⁺ e FRAP, sendo que a partir dos resultados otimizou-se o método e a solução extratora, além do melhor método de secagem/desidratação. O melhor procedimento de extração foi shaker a 120 rpm por 45 min, com ultrassom por 15 min e a solução extratora foi a combinação acetona:água ultrapura na proporção de 0,43:0,57 (v/v). Enquanto que o

para os métodos de secagem/desidratação foi a liofilização, que conteve uma reposta de 11,97 mg EAG g⁻¹ para fenólicos e uma faixa de antioxidante que variou de 104,72 a 19,21 µmol ET g⁻¹, para os diferentes métodos. Com isso, conclui-se que estes resíduos da indústria cafeeira apresentam um alto potencial para extração de fenólicos, e sua possível aplicação em alimentos e fármacos, explorando seu potencial antioxidante.

Palavras-chaves: Casca e polpa. Fenólicos. Extração. Café.

ABSTRACT

The processing of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) can be done by the wet or dry way, and the different ones produce a large amount of waste. In the humid way the main ones are the bark and pulp, which represent 45% of the grain in natura. These have a very varied composition, highlighting the high mineral content and phenolic compounds, however its main destination is for animal nutrition and soil cover. Therefore, the objective of the work will be to evaluate the content of phenolic compounds and the antioxidant activity in husks and pulp dehydrated by different drying processes, in order to make a better use of the residue. The coffee husks and pulp were characterized by their chemical composition by physicochemical analysis, and dried / dehydrated naturally, in greenhouse and lyophilized, in sequence the content of total phenolic compounds was evaluated by Folin and the antioxidant activity by DPPH. , ABTS + and FRAP, and from the results the method and the extractive solution were optimized, in addition to the best dewatering / dewatering method. The best extraction procedure was shaker at 120 rpm for 45 min with ultrasound for 15 min and the extractive solution was the acetone: ultrapure water ratio of 0.43: 0.57 (v / v). While the drying / dehydration method was lyophilization, which contained a response of 11,97 mg EAG g⁻¹ to phenolics and an antioxidant range ranging

from 104.72 to 19.21 $\mu\text{mol ET g}^{-1}$, for different methods. Therefore, it is concluded that these coffee industry residues present a high potential for phenolic extraction, and its possible application in food and pharmaceuticals, exploring its antioxidant potential.

Keywords: Bark and pulp. Phenolics. Extraction. Coffee.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de café do mundo, estima-se que a produção média é de 54,44 milhões de sacas de café por ano, dentre toda sua produção destaca-se as variedades de café arábica e conillon, os quais têm boa aceitação no mercado mundial, por suas características sensoriais e qualidade nas bebidas geradas (HERMOSA, 2014).

O beneficiamento do café conta com etapas iniciais, que ocasionam a remoção de sujidades advindas do campo e selecionam os frutos que serão destinados ao processamento. Este obtém dois tipos de café: o café natural e o descascado ou despulpado. O café natural é proveniente da via úmida, em que os frutos colhidos são secos naturalmente, com toda a sua estrutura, ou seja, é mantido a casca, mucilagem e pergaminho. Já o café descascado ou despulpado é originário da via úmida, a qual realiza um descasque, em que remove-se a casca, mucilagem e pergaminho, com posterior secagem (DIOCLENIO, 2014). Devido ao seu beneficiamento, a indústria cafeeira gera uma grande quantidade de resíduos, destacando-se as cascas e a polpa de café, que representam 45 % do fruto *in natura* (GARCÍA e DEL BIANCHI, 2015b; CONAB, 2017). Em sua maioria, os resíduos são destinados à alimentação de ruminantes e cobertura de solos, porém, ocorrem questionamentos pelos mesmos serem considerados antinutritivos, pois contêm substâncias tóxicas aos animais, tais como cafeína e taninos (KONDAMUDI; MOHAPATRA e MISRA, 2008).

Cascas mais polpa de café apresentam um grande potencial de reutilização, devido à sua composição ser variada e rica em proteínas (9,47%) e minerais (7,2%). Porém, através de estudos realizados, foi constatado uma potencial fonte de compostos fenólicos, ressaltando os ácidos clorogênicos, os quais podem representar até 14% do peso dos grãos *in natura* (FARAH e DONANGELO, 2006). Desta forma, a casca e polpa de café podem ser fontes para extração de compostos fenólicos e aplicação na indústria farmacêutica e alimentícia (GARCÍA e DEL BIANCHI, 2015a).

Portanto, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em subproduto (casca mais polpa) do café desidratado por diferentes processos de secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As cascas e polpa de café arábica (*Coffea arabica L.*) foram obtidas em uma unidade de beneficiamento de café localizada no Norte do Paraná (fazenda Ubatuba). Os resíduos foram provenientes da safra de 2018, sendo frutos verdes e cereja produzidos na etapa de descasque ou despulpamento, no beneficiamento por via úmida. Para determinação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por ABTS⁺, DPPH[·] e FRAP foram utilizados os padrões: ácido gálico e Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) e os reagentes 2,2-difenil-1-picril-hidrazina (DPPH[·]), 2,2' azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS⁺), 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazina (TPTZ) e Folin-Ciocalteu, todos adquiridos da Sigma Aldrich.

2.2 Caracterização da casca e polpa de café

A casca e polpa de café arábica *in natura* foram caracterizadas quanto ao teor de umidade (estufa 105 °C), proteína bruta (Kjeldhal), lipídios (Bligh-dyer), cinzas (mufla 550 °C) e carboidratos por diferença, conforme AOAC (2012) e IAL (2008).

2.3 Determinação do método de extração de compostos fenólicos

Para obtenção dos extratos de casca de café foi utilizado como solvente extrator o etanol 80 % e o método de extração seguiu o estabelecido por García, Del Bianchi (2015b) e Handa et al. (2015). As cascas com polpa de café arábica previamente secas em estufa a 60 °C (Lucadema, Luca – 82/480), foram submetidas a quatro métodos de extração utilizando o shaker (Solab, Mesa orbital agitadora SL 180/D) e/ou banho ultrassônico (Cristófoli, cuba de ultrassom cristófoli). A extração foi realizada com 1 g de amostra e 20 mL de solvente extrator, os quais foram submetidos à extração e mantidos em: a) shaker a 120 rpm por 1 h; b) shaker 120 rpm por 25 min seguido de banho ultrassônico por 15 min; c) banho ultrassônico por 30 min e d) banho ultrassônico por 15 min. As extrações foram realizadas a temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado (Centrebio, modelo 80-2b) a 300 rpm por 10 min e o sobrenadante coletado e avaliado quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais.

2.4 Extração de fenólicos totais e planejamento experimental simplex centróide

Os compostos fenólicos foram extraídos das cascas com polpa previamente secas em estufa com circulação de ar forçada a 60 °C, e o solvente extrator foi definido pelo delineamento simplex centróide compreendendo três solventes (x_1 = etanol; x_2 = acetona e x_3 = água ultrapura), três com misturas binárias (x_1 / x_2 ; x_1 / x_3 ; x_2 / x_3) e um para a mistura ternária ($x_1 / x_2 / x_3$) com três repetições no ponto central, totalizando em 9

ensaios, conforme tabela 1. As funções respostas avaliadas nos extratos obtidos foram: determinação do conteúdo de fenólicos totais (Y_1) e atividade antioxidante por ABTS+ (Y_2), DPPH· (Y_3) e FRAP (Y_4). A realização dos ensaios foi de forma aleatória.

2.5 Secagem/Desidratação

2.5.1 Secagem em Estufa de circulação de ar forçada

As cascas e polpa de café foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C (Lucadema, Luca – 82/480) conforme já realizado por Garcia e Del Bianchi (2015a), trituradas em moinho analítico e embaladas a vácuo e armazenadas a -18 °C ao abrigo de luz. A amostra foi utilizada para a definição do método de extração e otimização da solução extratora.

2.5.2 Secagem Natural

As cascas com polpa foram dispostas sobre uma superfície de concreto, que foi coberta com uma tela (sombrite). Este sistema foi exposto ao sol à temperatura ambiente, nas dependências do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus SMO, até que as cascas com polpa atingissem uma umidade desejada de 12% sendo que neste período foi realizada a homogeneização das cascas para proporcionar uma secagem mais uniforme.

2.5.3 Liofilização

Submeteu-se as cascas com polpa a secagem por liofilização, em liofilizador (Liobras, L101). O processo de liofilização contou com 2 etapas principais, por isso as

casca com polpa foram previamente congeladas em congelador convencional a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo que as mesmas já estavam acondicionadas nas bandejas do próprio liofilizador. Com isso, foram destinadas a sublimação a uma temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, pressão 15 a 30 μHg , por um período de 48 horas, em sistema a vácuo.

2.6 Determinação do conteúdo de fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, de acordo com o método de Kumazawa et al., (2002) e Singleton, Orthofer e Lamuela-Reventos (1999) adaptado por Casagrande (2014) utilizando a curva padrão de ácido gálico (2,5 – 125 mg.. A leitura foi realizada a 760 nm em espectrofotômetro (Quimio, Q898U2M5), e o conteúdo de compostos fenólicos totais foi expresso em mg de equivalentes em ácido gálico por grama de amostra (mg EAG g^{-1}).

2.7 Análises de atividade antioxidante

2.7.1 Determinação da capacidade doadora de átomos de hidrogênio ao radical 2,2-difenil-1-picrihidrazil (DPPH \cdot)

A metodologia adotada segue o proposto por Denis, Madeira e Almeida (1994) adaptada por Handa et al. (2015), em que a capacidade antioxidante dos extratos de casca de café arábica foi mensurada pela habilidade dos compostos fenólicos em doar o hidrogênio e estabilizar o radical livre DPPH \cdot , conferindo uma redução de cor, a qual foi avaliada em espectrofotômetro (Quimio, Q898U2M5) a 517 nm. A atividade antioxidante dos extratos foi expressa em μmol equivalentes de Trolox por grama de amostra ($\mu\text{mol ET g}^{-1}$), utilizando uma curva padrão de Trolox (0 – 0,05 μmol).

2.7.2 Capacidade sequestradora do radical 2,2' azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS⁺)

A determinação da atividade antioxidante por ABTS⁺ foi realizada de acordo com a metodologia de Re et al. (1996) adaptada por Handa et al. (2015). Inicialmente foi preparado uma solução estoque de reativo ABTS⁺ a 7 mmol/L em persulfato de potássio a 2,25 mmol/L em água destilada, esta foi armazenada ao abrigo de luz a 25 °C pelo período de 16 horas. Em seguida foi diluída em tampão fosfato a 20 mmol/L (pH de 7,4), até obter a absorbância de $0,700 \pm 0,020$ a 730 nm. Posteriormente, foi adicionado em tubo de ensaio 15 µL de extrato (amostra) ou padrão Trolox, com 4 mL de solução ABTS⁺ diluída, as quais foram deixadas ao abrigo de luz por 6 min e avaliados em espectrofotômetro (Quimio, Q898U2M5) a 730 nm. A atividade dos extratos foi expressa em µmol de Trolox equivalentes por grama de amostra (µmol ET g⁻¹), utilizando uma curva padrão de Trolox (0,004 – 0,01125 µmol).

2.7.3 Avaliação da capacidade redutora pelo teste FRAP

A atividade antioxidante por FRAP foi determinada pela metodologia de Benzie e Strain (1996), adaptada por Handa et al. (2015). Adicionou-se 2,7 mL de reagente FRAP (2,5 mL de TPTZ a 10 mM em HCl 40 mM, 2,5 mL de FeCl₃ 20 mM e 25 mL de tampão acetato 5 mM pH 3,6), com 90 µL de extrato e 210 µL de água destilada, estes foram deixados ao abrigo de luz por 30 min a uma temperatura de 37 °C, e após realizou-se as leituras em espectrofotômetro (Quimio, Q898U2M5) a 595 nm. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox por grama de amostra (µmol ET g⁻¹), utilizando uma curva padrão de Trolox (0,0045 – 0,063 µmol).

2.8 Análise Estatística

Os resultados foram expressos em triplicata em base seca. Para definição do melhor método de extração foram considerados os resultados de compostos fenólicos totais, já para a comparação dos métodos de secagem/desidratação (secagem natural, em estufa a 60 ° e liofilizadas) foi avaliado os resultados das análises de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (ABTS⁺, DPPH[·] e FRAP), sendo que todos foram apresentados com média (n = 3) ± desvio padrão, e análise de variância (ANOVA), junto com a análise de comparação múltipla de Tukey, pelo Statistic 10.0 (StartSoft, Tusa, OK, EUA).

O modelo cúbico especial de Scheffé foi expresso para as funções respostas do delineamento simplex centróide:

$$y = \sum_{i=1}^q b_i^* x_i + \sum_{i<j}^q \sum_j^q b_{ij}^* x_i x_j + \sum_{i<j}^q \sum_{j<k}^q \sum_k^q b_{ijk}^* x_i x_j x_k + \dots + b_{12\dots q}^* x_1 x_2 \dots x_q$$

Figura 1: Modelo matemático cúbico especial. Fonte: Handa et al., 2015.

y = Função resposta estimada, b = coeficiente determinado pelo método de quadrados mínimos, x_i = variável independente. Sendo que, b_i é o coeficiente do solvente puro, b_{ij} mistura binária e b_{ijk} mistura ternária, os valores de x seguem o mesmo que para b, porém estes utiliza a melhor combinação de solvente (CORNELL, 2002).

Os modelos matemáticos obtidos pelo delineamento simplex centróide, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão utilizando o Statistic 10.0 (StartSoft, Tusa, OK, EUA). Os gráficos de contorno das respostas foram gerados a partir dos modelos ajustados, e estes foram validados pelo teste *t-student*, onde a média dos valores experimentais foi comparada com as repostas estimadas (n=3).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da casca de café

Os resultados da composição química da casca mais polpa de café *in natura* estão descritos na tabela 1.

O teor de umidade encontrado (tabela 1) foi de 15,54%, sendo que para a mesma variedade de cascas de café arábica, Andrade (2011) encontrou 13,04% de umidade e Filho (2005) 13,8% nas cascas *in natura*, esta diferença esta relacionada ao fato de conter casca e polpa, o que eleva a umidade. Em relação aos resultados obtidos para proteínas nas cascas com polpa, Soccol (2002) encontrou valores distintos, sendo proteínas 9,2%. Esta diferença pode estar relacionada a fatores genéticos e características de cultivo (FAGAN, 2010).

O conteúdo de carboidratos encontrado para as amostras analisadas foi de 81,40%, sendo que Soccol (2002) encontrou 58,9%. O valor elevado de carboidratos está correlacionado ao motivo das cascas avaliadas conterem polpa e grande quantidade de fibras.

3.2 Determinação do método de extração de compostos fenólicos

Para definição do melhor método de extração de compostos fenólicos em casca e polpa de café, foi utilizado a extração sólido-líquido aplicando dois equipamentos já empregados na literatura, o shaker e o ultrassom, sendo que variou-se apenas o tempo e o equipamento utilizado, tendo como padrão a temperatura ambiente (± 25 °C) (GARCIA e DEL BIANCHI, 2015a).

Com isso, os extratos de casca e polpa de café secos a 60 °C apresentaram uma faixa de compostos fenólicos que variou de 3,78 a 4,22 mg EAG g⁻¹ (figura 1). Observa-se uma diferença quando comparado ao estudo realizado por Andrade (2011), que para

extratos etanólicos de casca de café, obtidos em banho ultrassônico por 2 h, teve-se um conteúdo de fenólicos de 133,4 mg EAG g⁻¹.

Considerando a análise estatística, o método E2 com E3, não apresentaram diferença significativa dentre si, bem como, o E1 com o E4, sendo que dentre estes, os que contiveram maiores respostas foram o E2 e E3, que de acordo com Geremu, Tola e Sualeh (2016), podem ser devido o maior tempo de extração, o efeito dos princípios de extração sobre a amostra, bem como características ambientais, tal como a temperatura.

O efeito dos princípios de extração é o mais considerável, pois os equipamentos utilizados promovem a extração destes compostos da amostra, pela agitação da mesma, porém o princípio de agitação aplicado em cada um é diferenciado. O shaker realiza uma agitação mais lenta e leve, enquanto que o ultrassom utiliza apenas a vibração (ANDRADE, 2011).

Por isso, dentre os métodos E2 e E3, que contiveram maiores repostas para o conteúdo de compostos fenólicos totais na casca e polpa de café, selecionou-se como melhor o E3, pois neste tem-se a combinação de dois equipamentos de extração, o que pode ocasionar um maior efeito sobre os compostos fenólicos da amostra (MOJZER et al. 2016).

3.3 Otimização da solução extratora

3.3.1 Efeito dos Solventes sobre a amostra

A partir do delineamento simplex centróide foram obtidas as diferentes combinações dos solventes, utilizando etanol, acetona e água ultrapura (tabela 2), tendo como função resposta o conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (ABTS⁺, DPPH e FRAP). Os modelos experimentais determinados apresentaram um R² 99 % e um R ajustado de 96 a 99 % (tabela 4).

Dentre as combinações de solventes obtidos pelo delineamento, na tabela 2, os que continham água ultrapura e acetona, obtiveram respostas satisfatórias, como já relatado por García; Del Bianchi (2015a) e Ballesteros; Mussatto (2013), os quais identificaram a acetona como um possível solvente extrator para a casca de café. Porém, as maiores respostas foram obtidas para os solventes que continham água ultrapura na proporção superior a 0,5 (v/v) (tabela 2 – figura 2).

Em geral, todas as misturas binárias apresentaram valores elevados, tanto para o conteúdo de compostos fenólicos, bem como antioxidante, sendo que, em sua maioria predominaram os solventes que continham água ultrapura. Enquanto que para as ternárias as respostas não foram tão expressivas, com exceção dos compostos fenólicos totais (tabela 2). Semelhante ao relatado por Geremu, Bekele e Sualeh (2016), que também encontraram, para a polpa de café arábica (*Coffea arabica* L.), os maiores valores de compostos fenólicos e atividade antioxidante, para o solvente acetona:água na proporção de 0,2:0,8 (v/v), respectivamente.

Quanto ao modelo para o extrato de casca e polpa de café, os coeficientes para água ultrapura, bem como as interações dentre etanol/acetona, etanol/água, acetona/água e a mistura ternária, apresentaram-se significativos para as funções respostas compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por ABTS⁺, enquanto que antioxidante por DPPH[·] e FRAP, não foram significativos (tabela 3).

Por isso, dentre todos os solventes utilizados a água ultrapura apresentou maior influência nas funções respostas, principalmente em compostos fenólicos totais, configurando este como um bom solvente extrator (figura 2). Isto está relacionado com a polaridade, o que define a solubilidade dos compostos no solvente utilizado (IGNAT; VOLF e POPA, 2010).

3.3.2 Influência dos Solventes sobre o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante

A análise do modelo matemático demonstrou que todas as misturas de solventes foram significativas para o conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, pois quando realiza a limpeza do modelo tem-se a redução do R^2 . Destas, as misturas puras (x_1 = etanol, x_2 =acetona e x_3 =água ultrapura) e binárias foram significativas ($p < 0,05$) para as funções respostas compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por $ABTS^+$, enquanto que para $DPPH^{\cdot}$ e FRAP os diferentes solventes não foram significativos ($p > 0,05$) (tabela 3).

As combinações de solventes que proporcionam as maiores respostas foram estimadas utilizando a ferramenta de desejabilidade, sendo: 0:0,25:0,75 (etanol:acetona:água ultrapura v/v/v) CPFT = 9,65 mg EAG g^{-1} ; 0,23:0,25:0,52 (etanol:acetona:água ultrapura v/v/v) $ABTS^+$ = 81,72 $\mu\text{mol ET } g^{-1}$; 0,25:0,30:0,45 (etanol:acetona:água ultrapura) $DPPH^{\cdot}$ = 52,97 $\mu\text{mol ET } g^{-1}$; 0,25:0,25:0,50 (etanol:acetona:água ultrapura) FRAP = 36,41 $\mu\text{mol ET } g^{-1}$.

A água ultrapura demonstrou-se representativa nas diferentes misturas de solventes, sendo que esta é predominante nas melhores condições (figura 2). Esta ação depende da compatibilidade das moléculas do solvente extrator com os compostos, sendo que, essa característica é influenciada principalmente, pela estrutura e organização molecular dos fenólicos (GARCÍA e DEL BIANCHI, 2015a; MOJZER et al. 2016; PANJA, 2017).

3.3.3 Otimização Multi-resposta e Validação do Modelo

Utilizando a ferramenta de desejabilidade multi-resposta, a qual considera as funções respostas de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante ($ABTS^+$, $DPPH^{\cdot}$

e FRAP), foi determinado como melhores solventes extratores a acetona e água ultrapura, na proporção de 0,43:0,57, respectivamente (figura 3). Vale ressaltar que a mistura de acetona e água ultrapura já foi relatada como um bom solvente na extração de compostos fenólicos, por García e Del Bianchi (2015a), porém na proporção 0,8:0,2 (acetona:água ultrapura v/v).

De acordo com García e Del Bianchi (2015a), em amostras de casca e polpa de café o grupo de compostos fenólicos que mais predomina são os dos ácidos clorogênicos, que possuem uma estrutura química polar, porém com cadeias carbônicas que conferem um apolaridade. Considerando sua estrutura, a combinação acetona:água, foi uma boa mistura extratora, pela mesma combinar dois solvente polares, porém que continham graus de polaridades diferenciados, e sua ação conjunta na amostra foi boa, por conseguir extrair uma boa concentração destes compostos.

Já o modelo matemático foi validado pela comparação do valor predito com o experimental de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (tabela 5), pela análise estatística *t-student*. Os resultados avaliados não apresentaram diferença significativa dentre si ($p > 0,05$), ou seja, o modelo é apropriado para predizer as funções respostas avaliadas, nas condições experimentais utilizadas (tabela 5). Além de que, o solvente predominante na mistura foi à água, a qual é um solvente “verde” (PANJA, 2017).

3.4 Comparação dos métodos de secagem/desidratação

As cascas e polpas de café foram liofilizadas, secas em estufa a 60 °C e secas naturalmente, para avaliar qual método que preservaria o maior conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante na amostra (GARCÍA e DEL BIANCHI, 2015a).

Os extratos de casca e polpa de café, para os diferentes métodos de secagem/desidratação, apresentaram uma faixa de compostos fenólicos que variou de 11,97 a 10,7 mg EAG g⁻¹ e antioxidante, para os diferentes métodos, de 104,72 a 15,7

$\mu\text{mol ET g}^{-1}$ (tabela 6). As amostras apresentaram um conteúdo expressivo de compostos fenólicos e uma considerável atividade antioxidante, constatando a importância da definição do melhor método de extração (shaker a 120 rpm por 45 min, seguido de ultrassom por 15 min), bem como do solvente extrator (0,43:0,57 acetona:água ultrapura v/v). A qual, de acordo com Mojzer et al. (2016), esta relacionada com a polaridade do solvente e a ação dos métodos de extração sobre os compostos.

Em geral, todos os métodos de secagem/desidratação apresentaram repostas elevadas (tabela 6), porém ressalta-se a liofilização, que em comparação com o restante foi a que conteve maior conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante. Isso deve-se pelo próprio processo de liofilização conseguir preservar os compostos na amostra, pois a liofilização é uma secagem a frio, em que realiza-se a sublimação da água ao vácuo, a uma baixa temperatura, o que reduz consideravelmente a perda destes compostos fenólicos pela temperatura (MORREIRA, 2015).

A secagem natural também conteve repostas elevadas, sendo que esta é dependente das condições climáticas do ambiente, além de que toda a secagem é realizada em contato com a luz, umidade e temperatura ambiente, que de acordo com Degáspari e Waszczyński (2004), podem ser características do processo que podem afetar a estabilidade dos fenólicos na matéria-prima, promovendo sua degradação. Porém, este efeito depende do grupo de compostos que estão presentes na matriz, pois alguns podem se demonstrar resistente a luz, que é a principal variável que afeta nesta situação (BARUAH, 2011).

Por isso, independente da secagem natural e a em estufa terem oferecido as menores repostas quando comparadas com a liofilização, estas foram bem representativas, pois Baggio et al. (2006), para cascas de café arábica secas em estufa (105 °C), encontrou-se um conteúdo de fenólicos de 544,42 mg EAG/100 g e uma atividade antioxidante por ABTS⁺ de 114,68 $\mu\text{mol ET/ 100 g}$. Nesta situação a temperatura

pode ter sido uma variável determinante, dado que em secagem natural, bem como em estufa, não teve temperaturas superiores a 60 °C, o que pode ter ocasionado a preservação dos compostos na matriz (MORREIRA, 2015).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que para cascas de polpa de café o melhor método de extração foi a combinação de Shaker 120 rpm/ 1 h seguido de ultrassom/ 15 min, que conferiu uma resposta de 4,22 mg EAG g⁻¹, enquanto que o melhor solvente delimitado pelo delineamento simplex centróide, foi a combinação de acetona:água na proporção de 0,43:0,57 (v/v).

As cascas e polpa de café arábica (*Coffea arabica* L.) apresentaram um considerável conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante para os diferentes métodos de secagem/desidratação, sendo que as amostras liofilizadas tiveram um conteúdo elevado, quando comparado com as secas em estufa e naturalmente. Por isso, estes resíduos da indústria cafeeira apresentam um alto potencial para extração de fenólicos, e sua possível aplicação em alimentos e fármacos, explorando seu potencial antioxidante.

FIGURAS

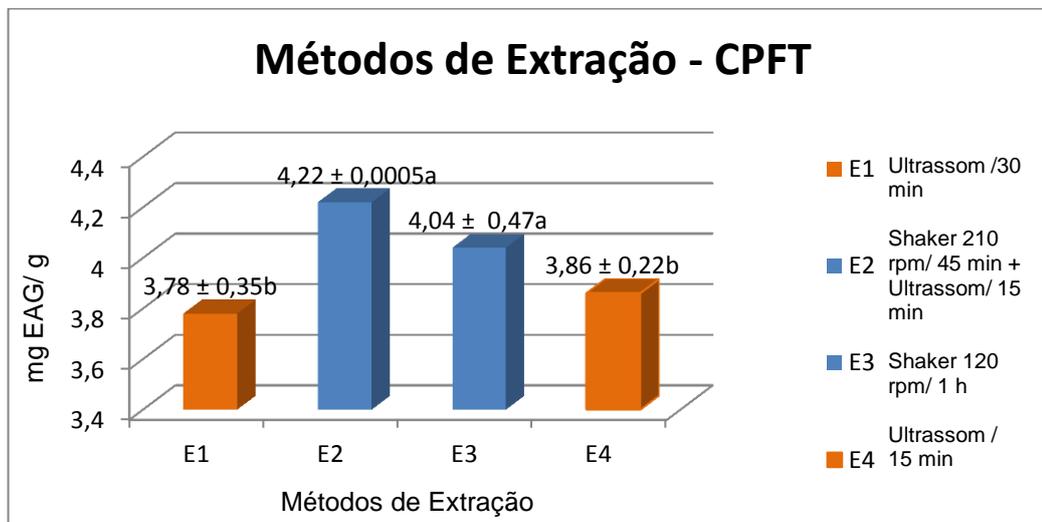


Figura 1: Conteúdo de compostos fenólicos pelos diferentes métodos de extração.

*Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

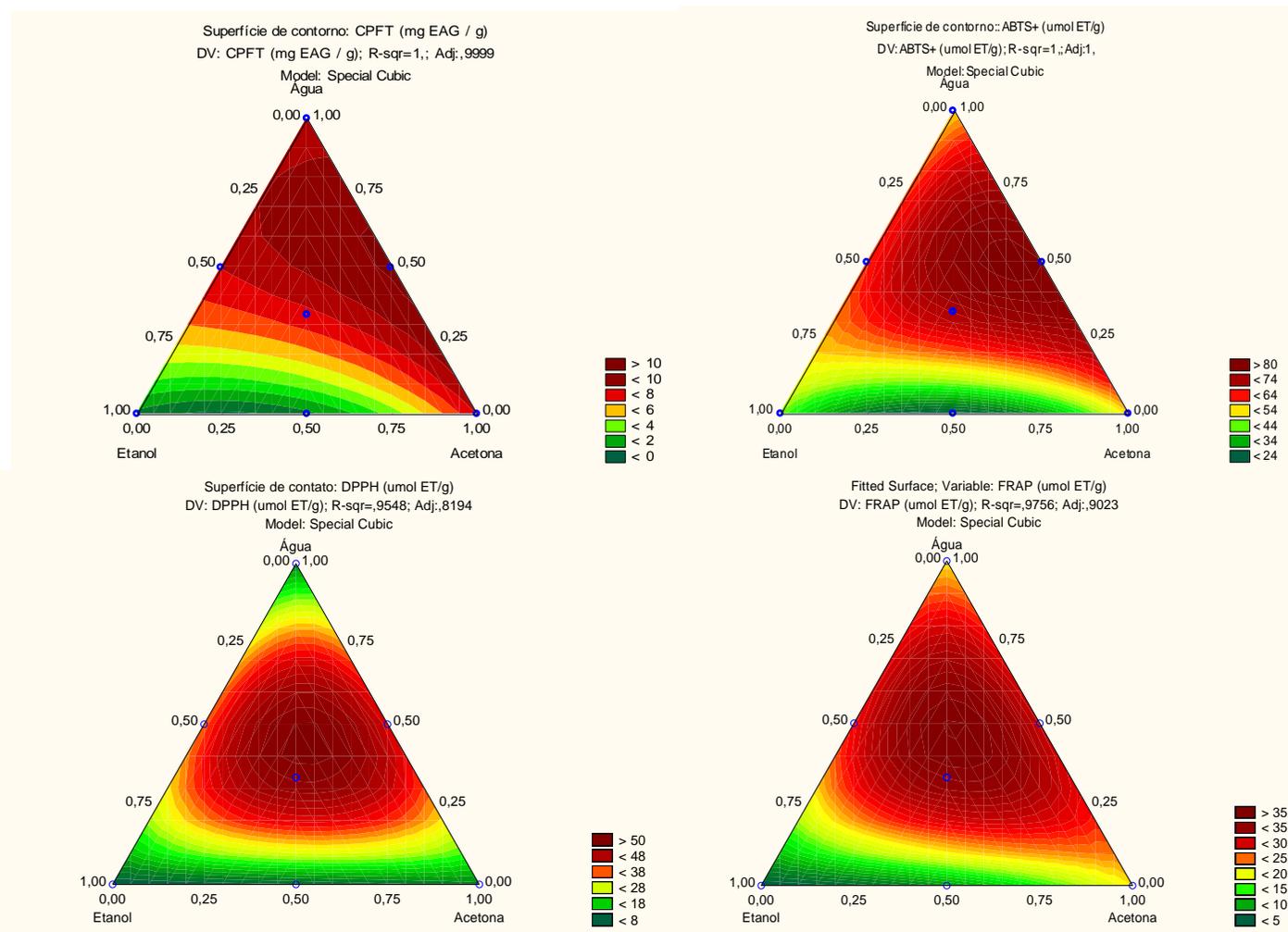


Figura 2: Superfície de Contorno para Compostos fenólicos totais e Atividade antioxidante.

CPFT = Compostos fenólicos totais; ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS +; DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH; FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico EAG = Equivalentes de Ácido gálico; ET = Equivalentes Trolox.

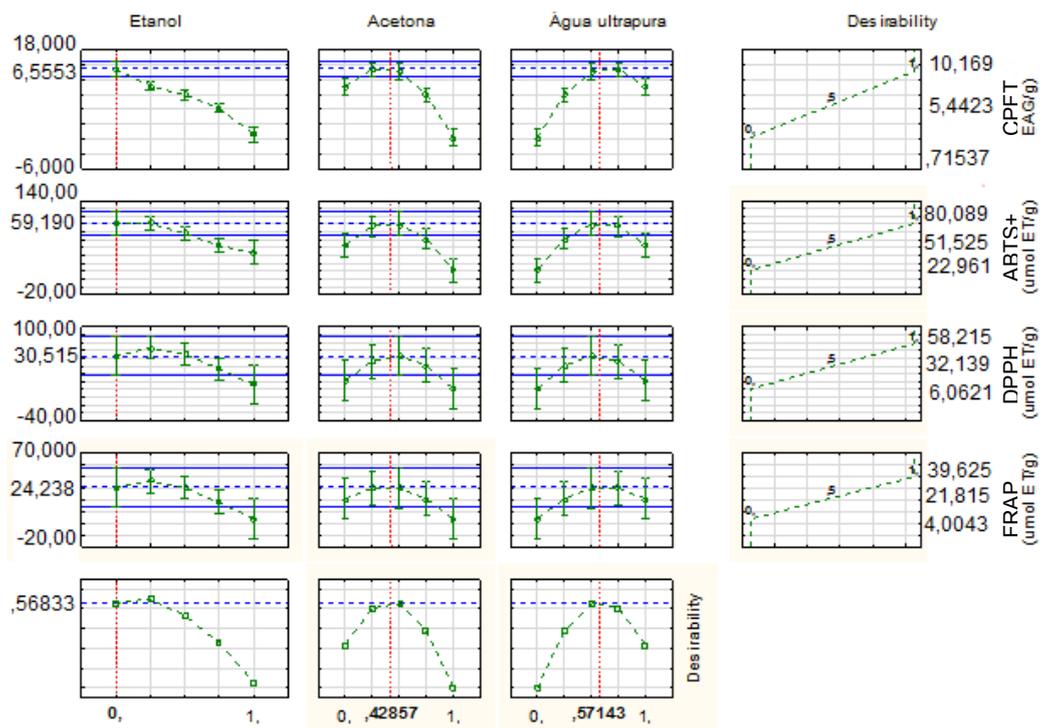


Figura 3: Gráfico de valores preditos e desejabilidade em função do sistema de solventes para casca e polpa de café arábica.

CPFT = Compostos fenólicos totais; ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS +; DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH; FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico EAG = Equivalentes de Ácido gálico; ET = Equivalentes Trolox

TABELAS

Tabela 1: Composição química da casca e polpa de café arábica (*Coffea arabica* L.) *in natura*.

Constituinte	Conteúdo (%)
Umidade	15,54 ± 0,18
Proteínas	1,11 ± 0,02
Lipídeos	0,52 ± 0,20
Cinzas	1,45 ± 0,05
Carboidratos	81,40 ± 0,34

Resultados foram expressos com média (n = 3) ± desvio padrão, em base seca por 100 g de amostra.

Tabela 2: Misturas do delineamento simplex centróide e funções respostas.

Misturas (x_1, x_2, x_3)	Funções Respostas			
	CPFT	ABTS +	DPPH	FRAP
1 ; 0 ; 0	0,715	43,92	6,06	4,00
0 ; 1 ; 0	0,235	21,18	0,57	3,72
0 ; 0 ; 1	8,048	53,25	11,25	21,01
0,5 ; 0,5 ; 0	0,740	22,96	7,82	8,67
0,5 ; 0 ; 0,5	8,069	61,44	36,69	27,51
0 ; 0,5 ; 0,5	10,169	80,09	42,79	29,82
0,33;0,33;0,33	7,778	72,58	42,34	39,62
0,33;0,33;0,33	7,819	80,88	51,19	28,83
0,33;0,33;0,33	7,715	72,61	58,21	33,22

x_1 = etanol, x_2 = acetona e x_3 = água ultrapura.

CPFT = Compostos fenólicos totais (mg EAG g⁻¹); ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS + (μmol ET g⁻¹); DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH (μmol ET g⁻¹); FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico (μmol ET g⁻¹).

Tabela 3: Coeficientes da regressão para o modelo cúbico especial.

Função Resposta	Coeficientes da Regressão							R ²	R ajustado
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ , X ₂	X ₁ , X ₃	X ₂ , X ₃	X ₁ , X ₂ , X ₃		
CPFT	0,7154	8,0480	8,0480*	-14,5654*	14,7484*	8,4847	31,5680*	0,99	0,98
ABTS +	43,92*	21,18*	53,25*	- 38,35	51,41	171,51*	415,85	0,98	0,95
DPPH	6,06	0,57	11,25	18,01	112,15	147,53	371,79	0,99	0,97
FRAP	4,00	3,72	21,01	19,25	60,01	69,83	209,36	0,97	0,93

X₁ = etanol, X₂ = acetona e X₃ = água ultrapura.

CPFT = Compostos fenólicos totais; ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS +; DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH; FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico.

*Significativo (p < 0,05).

Tabela 4: ANOVA para o modelo cúbico especial para os dados.

Fonte	Função Resposta								
	CPFT			ABTS +		DPPH		FRAP	
	df	SS	F-Value	SS	F-Value	SS	F-Value	SS	F-Value
Modelo	6	91,90737	11806,80	2597,464	2066384	3550,892	7,048161	1085,887	13,30710
Erro total	6	0,00259		0,000		167,935		27,201	
Erro puro	2	0,00259		0,000		167,935		27,201	
Total ajustado	8	91,90996		2597,456		3718,826		1113,088	
R²		0,99		0,98		0,99		0,99	
R ajustado		0,98		0,97		0,98		0,98	

CPFT = Compostos fenólicos totais; ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS +; DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH; FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico.

Tabela 5: Comparação do valor predito com o encontrado para a melhor mistura de solventes.

Função Resposta	Valor predito	Valor encontrado
CPFT	10,12 ^a	10,096 ± 0,533 ^a
ABTS +	81,51 ^b	81,11 ± 0,193 ^b
DPPH	42,81 ^c	43,08 ± 0,652 ^c
FRAP	30,69 ^d	30,59 ± 0,079 ^d

^{a,b,c} Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha diferem entre si pelo teste de t-student.

Resultados foram expressos com média (n = 3) ± desvio padrão.

CPFT = Compostos fenólicos totais (mg EAG g⁻¹); ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS + (µmol ET g⁻¹); DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH (µmol ET g⁻¹); FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico (µmol ET g⁻¹).

Tabela 6: Conteúdo de Compostos fenólicos totais e Atividade Antioxidante pelos diferentes métodos de secagem/desidratação.

Amostra	CPFT	ABTS+	DPPH	FRAP
Estufa a 60 °C	11,5 ± 0,07 ^B	89,7 ± 0,34 ^B	16,12 ± 0,05 ^B	19,22 ± 0,38 ^B
Liofilizada	11,97 ± 0,11 ^A	104,72 ± 0,02 ^A	19,21 ± 0,06 ^A	20,72 ± 0,08 ^A
Natural	10,7 ± 0,004 ^C	72,25 ± 0,48 ^C	15,7 ± 0,05 ^C	18,3 ± 0,18 ^C

^{A,B,C} Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os resultados foram expressos com média (n = 3) ± desvio padrão.

*Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

CPFT = Compostos fenólicos totais (mg EAG g⁻¹); ABTS + = Atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS + (µmol ET g⁻¹); DPPH = Atividade antioxidante determinada pelo radical DPPH (µmol ET g⁻¹); FRAP = Potencial antioxidante pela redução do íon férrico (µmol ET g⁻¹).

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. ed. 19. **Association of official analytical chemists**: Maryland – United State, 2012.

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

BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**. 1996, p. 70-76.

BAGGIO, J. Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*Coffea arabica* L.) como provável fonte de substâncias bioativas. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2006.

BALLESTEROS, L. F.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Selection of the Solvent and Extraction Conditions for Maximum Recovery of Antioxidant Phenolic Compounds from Coffee Silverskin. **Revista Food Bioprocess Technol**, New York, 2014.

BARUAH, J. B. Chemistry of phenolic compounds: **State of the Art**. Nova Science Publishers Inc, ed 1., p. 239, 2011.

CONAB – Conselho Nacional de Abastecimento. Produção brasileira de café deve alcançar 44,77 milhões de sacas. 2017. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/noticias/producao-brasileira-de-cafe-devealcançar-44-77-milhoes-de-sacas>>. Acesso em: 09/04/2018.

CORNELL, J. A. Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data (3rd ed). New York: John Wiley & Sons, 2002.

CASAGRANDE, M. Avaliação do potencial antioxidante de co-produtos de indústria de suco de uva e de vinho visando sua aplicação em linguiça de frango. Dissertação – Mestrado, UTPR, Pato Branco, 2014.

DENIS, T. C; MADEIRA, V. M; ALMEIDA, L. M. Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicyte and 5-aminosalicyte) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. 1994, p. 161-169.

DEGÁSPARI, Cláudia Helena; WASZCZYNSKYJ, Nina. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v.5, n.1, 2004.

DIOCLENIO, J. M. Colheita, secagem e preparo do café. Embrapa, 2014. Disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=hmsfbF_BrtM>. Acesso em: 10/04/2018.

FILHO, A. F. de L.; SILVA, J. S. Secagem de café em combinação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, 2005.

FARGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PERREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. J. Efeito do tempo na formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida. *Revista Biosci. J.*, Uberlândia, v. 27, n.5, p. 729-738, 2011.

FARAH, A; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **J. Plant Physiol**, 2006. p. 26 - 32.

GARCÍA, L. R. P; DEL BIANCHI, V. L. Capacidade antioxidante em resíduos da indústria cafeeira. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 307-313, Dezembro, 2015a.

GARCÍA, L. R. P; DEL BIANCHI, V. L. Efeito da fermentação fúngica no teor de compostos fenólicos em casca de café robusta. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, vol. 36, nº. 2, março/abril, 2015b. p. 777-785.

GEREMU, M.; TOLA, Y. B.; SULEH, A. Extraction and determination of total polyphenol and antioxidante capacity of red coffee (*Coffea arabica* L.) pulp of wet processing plants. **Revista Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, 2016.

HANDA, C. L; LIMA, F. S; GUELF, M. F. G; GEOGETTI, S. R; IDA, E. I. Multi-respons optimisation of the extraction solvent system for phenolics and antioxidante activities from fermented soy flour using a simplex-centroid design. **Food Chemistry**, 197, p. 175-184, Maio/2015.

HALAL, S. L. M. Composição, processamento e qualidade do Café. 2008, p. 47. Bacharel – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2008.

HERMOSA, V. A. B. Aproveitamento de Resíduos semi-seco de café para produção de compostos de valor agregado. Doutor – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2014.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ed. 4. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Revista Food Chemistry**, 2010.

KUMAZAWA, S; TANIGUCHI, M; SUZUKI, Y; SHIMURA, M; KWON, M-S; MAKAYAMA, T. Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. **Journal of Agricultural and food Chemistry**. 2002, p. 373-377.

KONDAMUDI, N; MOHAPATRA, S. K; MISRA, M. Spent coffee grounds as a versatile source of green energy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 24, p. 11757-11760, Nov. 2008

MOJZER, E. B.; HRNCIC, M. K.; SKERGET, M.; KNEZ, Z.; BREN, U. Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. **Revista Molecules**, 2016.

MORREIRA, R. V. Caracterização do Processo de Secagem do Café Natural submetido a Diferentes Métodos de Secagem. Mestre – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2015.

PANJA, P. Green extraction methods of food polyphenols from vegetables materials. **Revista Food Science**, Elsevier, 2017.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying and improved abts radical cation decolorization assay. **Free radical Biology and Medicine**. 1999, p. 1231-1237.

SIGLENTON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-REVENTOS, R. M. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu. **Methods of Enzymology**. 1999, p. 152-178.

SOCCOL, C. R. Resíduos de café um substrato promissor para produção industrial de biopordutos com alto valor agregado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2002.

SOUZA, A. L. Composição químico-bromatológica de casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. Doutorado – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2004.

ANEXO

Brazil Journal Food and Technology

ESTILO E FORMATAÇÃO –

FORMATINA.

- Microsoft Word 2010 editor de texto não protegido ou melhor.
- Fonte - Arial 12, espaço duplo. Não formate o texto em várias colunas.
- Formato de página A4 (210 x 297 mm), margens de 2 cm.
- Todas as linhas e páginas do manuscrito devem ser numeradas em seqüência.
- O número de páginas, incluindo Figuras e Tabelas no texto, não deve ser maior que 22 para Artigos Científicos e de Revisão Originais ou 9 para outros tipos de documento. Sugerimos que a apresentação e discussão dos resultados seja o mais concisa possível.
- A especificação de itens das seções e subseções não deve exceder 3 níveis.

UNIDADES DE MEDIDA: O Sistema Internacional de Unidade (SI) deve ser usado e a temperatura deve ser expressa em graus Celsius.

TABELAS E FIGURAS: Devem ser numeradas com números arábicos na ordem em que são mencionadas no texto. Os títulos devem estar imediatamente acima das tabelas e imediatamente abaixo das figuras e não devem conter unidades. As unidades devem estar entre parênteses em tabelas e figuras. Tabelas devem ser inseridas no corpo do manuscrito logo após serem mencionadas. As fotografias devem ser designadas como figuras. A localização das tabelas e figuras o texto deve ser identificada.

O TABLES deve ser editado usando os recursos do editor de texto WORD disponíveis para este fim, usando apenas linhas horizontais. Eles devem ser autoexplicativos e fáceis de ler e entender. Notas de rodapé devem ser indicadas por letras sobrescritas minúsculas. Primeiro demarque as colunas e depois as linhas e siga a mesma seqüência para as notas de rodapé.

As FIGURAS devem preferencialmente ser usadas para destacar os resultados mais expressivos. Eles não devem repetir informações encontradas nas tabelas. Eles devem

ser apresentados de forma a permitir uma visualização e interpretação clara de seu conteúdo. As legendas devem ser curtas, auto-explicativas e sem bordas. As Figuras (gráficos e fotos) **devem ser coloridas e em alta definição (300 dpi)**, de modo a serem facilmente interpretadas.

EQUAÇÕES: As equações devem aparecer em um formato editável e somente no texto, ou seja, não devem ser apresentadas como figuras ou enviadas em arquivos separados. Recomendamos o uso de MathType ou Equation Editor do tipo MS Word para apresentar equações no texto. Não misture as ferramentas MathType ou Equation Editor na mesma equação ou misture esses recursos para inserir símbolos. Também não use MathType ou Equation Editor para apresentar variáveis simples no texto manuscrito (por exemplo, $a = b^2 + c^2$), letras e símbolos gregos (por exemplo, α , ∞ , Δ) ou operações matemáticas (por exemplo, x , \pm , \geq). Sempre que possível, ao editar o texto do manuscrito, use a ferramenta “inserir símbolos”. Devem ser citados no texto e numerados em ordem sequencial crescente, em algarismos arábicos entre parênteses, próximos à margem direita.

ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS: Quando estritamente necessário, abreviações e acrônimos devem ser definidos na primeira vez que forem mencionados. Não use siglas não padronizadas, a menos que elas apareçam mais de 3 vezes no texto. Abreviaturas e siglas não devem aparecer no título, nem, se possível, no resumo ou palavras-chave.

NOMENCLATURA:

Reagentes e ingredientes: use preferencialmente o nome internacional não proprietário (INN), ou seja, o nome genérico oficial. Nomes das espécies: use o nome completo do gênero e da espécie, em itálico, no título (se presente) e para a primeira menção no manuscrito. Posteriormente, a primeira letra do gênero seguida do nome completo da espécie pode ser usada.

ESTRUTURA DO ARTIGO PÁGINA DE CAPA: título, cabeçalho, autores / afiliação (deve ser submetido como *página de título*).

TÍTULO: Isso deve ser claro, preciso, conciso e identificar o tópico principal do trabalho. Tente usar palavras utilizáveis para indexação e pesquisa. Evite nomes comerciais e abreviaturas. Se números precisarem ser usados, essas e suas unidades devem vir completas. Gênero e espécie devem ser escritos por extenso e itálico: a primeira letra maiúscula para o gênero e minúscula para a espécie. Inclua nomes de cidades ou países

somente quando os resultados não puderem ser generalizados para outros locais. Deve ser escrito em letras maiúsculas, não excedendo 150 caracteres, incluindo espaços. O manuscrito em português ou espanhol também deve apresentar o título em inglês e o manuscrito em inglês também deve apresentar o título em português.

CABEÇA DE EXECUÇÃO: deve ser escrita em maiúsculas e não deve exceder 50 caracteres, incluindo espaços.

AUTORES E AFILIAÇÃO: Aqueles que fizeram contribuições intelectuais e científicas eficazes ao trabalho são considerados autores, pois participaram da concepção, execução, análise, bem como na escrita ou interpretação dos resultados. Todos os autores devem aprovar o conteúdo final do trabalho. Se de interesse para os autores, outros colaboradores, como, por exemplo, fornecedores de amostras e patrocinadores, podem ser citados na seção de agradecimentos. O autor correspondente é responsável por toda a comunicação com a Revista e deve fornecer informações sobre a contribuição de cada coautor para o desenvolvimento do estudo apresentado. Os nomes completos dos autores devem ser fornecidos na íntegra, seguidos de sua afiliação completa (Instituição / Departamento, cidade, estado ou município, país) e endereço eletrônico (e-mail). O nome do autor correspondente deve ser indicado, juntamente com o endereço completo para fins de postagem. Para o autor correspondente:

Nome completo (autor correspondente) Instituição / Departamento (Nome completo da instituição afiliada quando a pesquisa foi realizada)*
Endereço postal completo (Endereço / código postal / Cidade / Estado ou País / País)
*Telefone, e-mail (não use os provedores **hotmail** ou **uol** para registrar o autor correspondente, uma vez que o sistema de submissão on-line ScholarOne, usado por esta revista, não confirma o pedido de envio de e-mail feito por esses provedores)* Para co-autores: *Nome completo Instituição / Departamento (Nome completo da instituição afiliada quando a pesquisa foi realizada) Endereço (Cidade / Estado ou Município / País) e-mail.*

DOCUMENTO PRINCIPAL: título, resumo, palavras-chave, texto do artigo com a identificação de figuras e tabelas Artigos científicos originais, notas científicas e relatos de casos devem conter os seguintes tópicos: Título; Abstrato; Palavras-chave; Introdução,

com revisão de literatura; Material e métodos; Resultados e discussão; Conclusão; Agradecimentos (se houver) e referências. Artigos de revisão devem conter os seguintes tópicos: Título; Abstrato; Palavras-chave; Introdução e desenvolvimento (grátis); Conclusão; Agradecimentos (se houver) e referências. A estrutura dos outros tipos de documentos é gratuita.

RESUMO: Este deve incluir o (s) objetivo (s), material e métodos (apenas informações essenciais para entender como os resultados foram obtidos), os resultados mais significativos e as conclusões do estudo, contendo no máximo 2000 caracteres (incluindo espaços). Não use abreviações ou acrônimos. Artigos em português ou espanhol também devem apresentar um resumo em inglês e artigos em inglês devem incluir um resumo em português.

PALAVRAS-CHAVE: Um mínimo de 6 até no máximo 10 palavras deve ser incluído imediatamente após o Resumo e o Abstract, que indicam o conteúdo do trabalho e permitem sua recuperação em pesquisas bibliográficas. Não use termos que aparecem no título. Use palavras que permitam a recuperação do artigo em pesquisas abrangentes. Evite termos plurais e conceitos múltiplos (com "e" e "de"), bem como abreviações, com exceção daqueles bem estabelecidos e conhecidos no campo. Os artigos em português e espanhol também devem apresentar as palavras-chave em inglês e os artigos em inglês devem incluir as palavras-chave em português.

INTRODUÇÃO: Este deve reunir informações para dar uma definição clara do problema estudado, referindo-se à bibliografia atual, preferencialmente a periódicos indexados, permitindo ao leitor situar o trabalho e justificar sua publicação. Com o objetivo de valorizar o Journal, sempre que pertinente, sugere-se a citação de artigos publicados no BJFT.

MATERIAL E MÉTODOS: Este item deve possibilitar a reprodução da pesquisa apresentada. A metodologia empregada só deve ser escrita em detalhes quando se trata de desenvolvimento ou modificação de um método. Neste último caso, a modificação deve ser enfatizada. Todos os métodos devem ser acompanhados de suas referências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados devem ser apresentados e interpretados, dando ênfase aos pontos importantes, que devem ser discutidos com base no

conhecimento atual. Evite duplicar a apresentação dos resultados em tabelas e figuras. Sempre que possível, os resultados devem ser analisados estatisticamente.

CONCLUSÕES: A essência da discussão dos resultados deve ser apresentada neste item, o que comprova ou não a hipótese do trabalho ou destaca a importância ou contribuição dos resultados para o avanço do conhecimento. Este item não deve ser confundido com o resumo, nem representar um resumo da discussão.

AGRADECIMENTOS: A **agência de financiamento deve ser identificada na íntegra**, incluindo o nome, país e projeto n.º. Outros agradecimentos a pessoas ou instituições são opcionais.

REFERÊNCIAS:

Citações no texto Citação direta: transcrição textual de parte do autor consultado (texto (s) página(s), volume (s) ou seção (s) da fonte consultada deve ser especificada). Citação indireta: texto baseado no trabalho do autor consultado (apenas a data deve ser indicada). Nas citações bibliográficas no texto (baseadas na ABNT NBR 10520: 2002), os chamados pelo sobrenome do autor, instituição responsável ou título incluído na sentença devem estar em letras maiúsculas e minúsculas e, quando estiverem entre parênteses, devem ser maiúsculos (maiúsculas).

Exemplos:

Guerrero e Alzamorra (1998) obtiveram um bom ajuste para o modelo. Estes resultados estão de acordo com os encontrados para outros produtos (CAMARGO e RASERAS, 2006; LEE e STORN, 2001).

A citação de muitos documentos do mesmo autor, publicados no mesmo ano, são distinguidos pela adição de letras minúsculas, em ordem alfabética, após a data, sem espaço, de acordo com a lista de referências.

Exemplos:

Segundo Reeside (1927a) (REESIDE, 1927b).

Para citar uma citação, a expressão “apud” (citado por, de acordo com) deve ser usada após o ano de publicação de referência, seguida pela fonte secundária efetivamente consultada.

Exemplos:

No texto: “[...] na Carta de 1946.” (VIANNA, 1986, p. 172 apud SEGATTO, 1995). Sobre esse assunto, as palavras de Silva podem estar esclarecendo (1986 apud CARNEIRO,

1981).

Referências

A lista de referências deve seguir as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma: NBR 6023, de agosto de 2002, da seguinte maneira:

- As referências são alinhadas apenas à margem esquerda do texto e permitem a identificação individual de cada documento, espaçamento simples e separadas por espaço duplo.

- O recurso tipográfico (negrito, sublinhado ou itálico) usado para destacar o elemento título deve ser uniforme em todas as referências do mesmo documento. - Cite os nomes de todos os autores nas Referências, isto é, a expressão “et al.” Não deve ser usada.

- *Monografos (livros, manuais e brochuras como um todo)* Sobrenome e iniciais dos nomes dos autores (no caso de mais de um autor, os nomes devem ser separados por ponto e vírgula). Título (em negrito): subtítulo. Edição (número de edição), Local de Publicação: Editora, data de publicação. Número de páginas.

Exemplos:

Publicações impressas:

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos** . 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 680 p.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Métodos oficiais de análise da Associação de Químicos Analíticos Oficiais** . 18a ed., 3a rev. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2010. 1 v. PERFIL da administração pública paulista. 6. ed. São Paulo: FUNDAP, 1994. 317 p. Publicações eletrônicas:

eletrônicas:

SZEMPLENSKI, T. **Embalagem asséptica nos Estados Unidos** . 2008. Disponível em: <<http://www.packstrat.com>>. Acesso em: 19 de maio de 2008.

• *Parte de monografias (capítulos de livros, volume, fragmento, parte)* CAPÍTULO AUTOR. Título do capítulo. Em: LIVRO AUTOR. **Título do livro** (em negrito). Edição. Cidade da publicação: Editora, data. Capítulo, primeiras e últimas páginas da parte.

Exemplo:

Publicações impressas:

ZIEGLER, G. Design do produto e questões de prazo de validade: migração de óleo e floração de gordura. Em: TALBOT, G. (Ed.). **Ciência e tecnologia de enrobeb e chocolate recheados, confeitaria e produtos de panificação** . Boca Raton: CRC Press, 2009. cap. 10, p. 185-210.

Eletrônico:

TAMPAS de elastômeros: testículos diferentes. Em: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopéia Brasileira** . 5. ed. Brasília: ANVISA, 2010. cap. 6, p. 294-299. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/hotsite/cd_farmacopeia/pdf/volume1%2020110216.pdf>. Acessado em 22 de março de 2012.

- *Teses, dissertações e artigos de final de curso* AUTOR. **Título** (em negrito). Ano de defesa da tese. Número de folhas. Categoria (Grau e área) - Instituição Unidade, Instituição, Cidade, data de publicação.

Exemplo:

CARDOSO, CF **Avaliação do sistema asséptico para leite longa vida em embalagem castigada institucional do tipo Bag-in-box** . 2011. 160 s. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- *Publicação periódica (artigos em periódicos)* PAPEL AUTOR. Título do artigo. **Título do periódico** (por extenso e em negrito), cidade de publicação, volume, número, primeira-última página, ano de publicação.

Exemplo:

KOMITOPOULOU, Evangelia; GIBBS, Paul A. O uso de conservantes de alimentos e preservação. **Higiene Alimentar Internacional** , East Yorkshire, v.22, n.3, p. 23 a 25 de 2011.

Eletronico:

INVIOLÁVEL e renovável. **PackageBrand** , São Paulo, v. 14, n. 162, p. 26, fevereiro de 2013. Disponível em: < <http://issuu.com/pacakgebrand/docs/on162/26> >. Acesso em: 20 maio 2014

- *Artigo apresentado em evento* AUTOR. Título do artigo apresentado seguido da expressão Em: NOME DO EVENTO, número do evento (se existir), ano do evento e cidade. **Título do documento** (anais, anais, tópico temático, etc.), localização: editora, data de publicação. Primeiras últimas páginas da parte cotada.

Exemplos:

Publicações impressas:

ALMEIDA, GC Seleção e embalagem de olerícolas. Em: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, 2., 2007, Viçosa. **Anais** ... Viçosa: UFV, 2007. p. 73-78.

Eletrônico:

MARTARELLO, VD Balanço hídrico e consumo de água de laranjeiras. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011, Campinas. **Anais ...** Campinas: IAC; ITAL, 2011. 1 CD-ROM. LUIZ, MR; AMORIN, JAN; OLIVEIRA, R. Bomba de calor para desumificação e aquecimento do ar de secagem. Em: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco. Anais eletrônicos ... Cusco: PUCP, 2007. Disponível em: <<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-23.pdf>>. Acessado em: 28 de outubro de 2011.

- *Padrões técnicos* ÓRGÃO REGULATÓRIO. **Número** padrão: título padrão. Localização (cidade), ano, número de páginas.

Exemplos:

ASTM INTERNATIONAL. **D 5047-09** : especificação padrão para filme e folhas de tereftalato de polietileno. Filadélfia, 2009. 3p. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15963**: alumínio e suas ligas - chapa lavrada para o piso - requisitos. Rio de Janeiro, 2011. 12p.

- *Legislação (Decretos, resoluções, leis)* Jurisdição (cabeçalho da entidade, caso seja um padrão), título, número, data e informações sobre a publicação.

Exemplos:

Publicações impressas: BRASIL. Medida provisória nº 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil** , Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção 1, p. 29514.

Eletrônico:

COMISSÃO EUROPÉIA. Regulamento (UE) n. 202/2014, de 03 de março de 2014. Altera o Regulamento (UE) n. 10/2011 para os materiais e objetos de plástico endoscópico para entrar em contacto com os alimentos. **Jornal Oficial da União Europeia** , Bruxelas, L 62, 04 abr. 2014. Disponível em:

<<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:062:0013:0015:PT:PDF>>. Data de 21 de março de 2014.