

# AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE PARTÍCULAS DE CAFÉ VERDE RECOBERTAS VISANDO UM PERFIL DE LIBERAÇÃO ENTÉRICO

Yasmin Stefan Bogaci<sup>1</sup>; Luciane Franquelin Gomes de Souza<sup>2</sup>; Kaciane Andreola<sup>2</sup>; Tatiana Guinoza Matuda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

<sup>2</sup> Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

**Resumo.** *Alcaloides, compostos fenólicos e ácidos hidroxicinâmicos são componentes que caracterizam o grão de café verde. Estes compostos apresentam benefícios à saúde, como a atividade antioxidante. Os objetivos deste trabalho foram o desenvolvimento e elaboração do protocolo de análise do método de determinação da atividade antioxidante pelo sequestro de radicais livres (DPPH) e a determinação da atividade antioxidante de grãos de café verde in natura e recobertos com o polímero Eudragit® L100 seguindo um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> com três pontos centrais, no qual as variáveis estudadas foram a temperatura do ar de entrada e a vazão da suspensão de recobrimento. A atividade antioxidante dos grãos de café verde sem recobrimento foi de 11.018  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  matéria seca e das partículas recobertas com Eudragit® L100, influenciada significativamente pela temperatura do ar e vazão de alimentação da suspensão de recobrimento, variou de 3.988 a 9.015  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  matéria seca.*

## Introdução

Uma das principais alterações patológicas no corpo humano está relacionada ao acúmulo excessivo de produtos de reação de oxigênio e nitrogênio em fluidos corporais, incluindo radicais livres (Yashin *et al.*, 2013). Os radicais livres são formados nas células a partir do processo respiratório e diversas outras reações oxidativas pelo desequilíbrio entre compostos oxidantes e antioxidantes chamado de estresse oxidativo, o qual implica em danos oxidativos nas paredes de vasos sanguíneos, moléculas de proteínas, DNA, carboidratos e lipídeos (Silva *et al.*, 2010). A cronicidade do estresse oxidativo é relevante para a causa de enfermidades como câncer, doenças cardiovasculares, transtornos neurodegenerativos, diabetes e envelhecimento precoce (Yashin *et al.*, 2013; Barbosa *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2021).

O uso de antioxidantes naturais, principalmente os extraídos de plantas, com o objetivo de retardar ou mesmo interromper as reações em cadeia causadas pelos radicais livres nas biomoléculas, têm motivado novas pesquisas, uma vez que os antioxidantes sintéticos têm tido seu uso questionado pelo consumidor crítico e atento aos impactos do processamento, às questões ambientais associadas aos alimentos e a influência na sua saúde (Vieira, 2015; Costa, 2012; Santos *et al.*, 2021; Siddeeg *et al.*, 2020).

A atividade antioxidante pode ser determinada por diferentes métodos como DPPH, ABTS, FRAP, Folin-Ciocalteu e ORAC, utilizados para determinar a capacidade antioxidante *in vitro* (Sucupira *et al.*, 2012). De acordo com Brand-William *et al.* (1995), a determinação pelo método DPPH, consiste na capacidade de compostos ou extratos em capturar o radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), em solução de metanol. No qual a atividade antioxidante é a quantidade de antioxidante necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH, observada pela diminuição da absorvância (515 nm) e os resultados são expressos em mmol ou  $\mu\text{mol}$  de Trolox equivalente  $(\text{TE})\cdot\text{g}^{-1}$  amostra (Montenegro *et al.*, 2021, Tripetch *et al.*, 2019, Pinheiro *et al.*, 2020).

O método DPPH foi utilizado por Pinheiro *et al.* (2020), que determinaram a capacidade antioxidante do extrato alcoólico da flor do café Arábica desidratada igual a 13,7  $\mu\text{mol}\cdot\text{TE g}^{-1}$  flor de café, por Kuskoski *et al.* (2005), que obtiveram atividade antioxidante da polpa de acerola congelada de 53,2  $\mu\text{mol}\cdot\text{TE g}^{-1}$  amostra e por Tonon *et al.* (2010), que avaliaram a atividade antioxidante do

suco de açaí seco por atomização alterando o agente carregador, o resultado foi de 1.165,84  $\mu\text{mol}\cdot\text{TE g}^{-1}$  base seca utilizando maltodextrina 10 DE.

Palmieri *et al.* (2018) determinaram, pelo método DPPH em solução de 80 % etanol, a atividade antioxidante do extrato do café verde Arábica fermentado por 24 h e do ácido clorogênico (ACG) presente no extrato. Os resultados, apresentados pelas concentrações mínimas para reduzir 50 % da absorvância do DPPH, foram iguais a 39,42 e 13,05  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , respectivamente.

O método ABTS (2,2 Azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonate)), proposto por Miller e Rice-Evans (1993), é baseado na habilidade dos antioxidantes em capturar o cátion ABTS<sup>+</sup>, causando uma diminuição na absorvância, que pode ser expressa em relação ao Trolox. O ABTS<sup>+</sup> é um produto colorido que pode ser medido em um espectrofotômetro em 600-750 nm (Huang *et al.*, 2005). O potencial de eliminação dos radicais ABTS são avaliados por meio da curva padrão (Siddeeg *et al.*, 2020). Este método pode ser utilizado tanto para amostras hidrossolúveis quanto lipossolúveis, sendo utilizada em frutos como acerola, goiaba e maracujá (Sucupira *et al.*, 2012).

Segundo Benzie *et al.* (1996), o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) baseia-se na redução do Fe (III) para Fe (II) em meio ácido. A solução de FRAP é preparada pela diluição de uma solução aquosa de TPTZ (2,4,6- Tris(2-piridil)-1,3,5-triazina) e FeCl<sub>3</sub>, em solução tampão acetato (pH 3,6). Sulfato ferroso é utilizado na curva padrão que representa o Fe (II), formado devido a atividade antioxidante e os resultados são expressos em  $\mu\text{mol}$  de sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>)  $\cdot\text{ g}^{-1}$  amostra.

Outro método espectrofotométrico faz uso do reagente Folin-Ciocalteu, geralmente usado para medir compostos fenólicos totais (Montenegro *et al.* 2021), tendo como princípio medir o poder redutor em extratos vegetais. A composição química deste reagente inclui o ácido fosfotúngstico (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) e o ácido fosfomolibdico (H<sub>3</sub>PMO<sub>12</sub>O<sub>40</sub>), que são reduzidos a partir dos extratos ou substâncias testadas, formando o óxido de tungstênio (W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) e óxido de molibdênio (Mo<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) que são detectáveis a 760 nm (Pires *et al.*, 2017).

O método de capacidade de absorção dos radicais de oxigênio, ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*), utilizado em matrizes alimentícias, consiste na capacidade de inibição da oxidação dos radicais peroxila. Este radical reage com composto fluorescente, diminuindo a fluorescência, então o antioxidante atua inibindo o decréscimo da fluorescência. O cálculo é determinado pela área formada abaixo da curva de decaimento da fluorescência da amostra no tempo, quando comparada ao branco (Ou *et al.*, 2001, Reis, 2016).

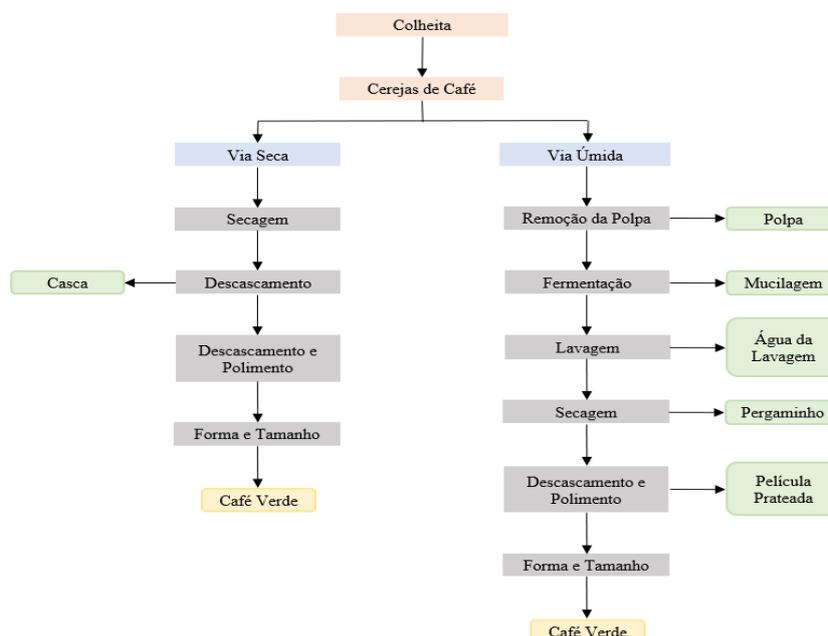
De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), o café ocupa a 5<sup>o</sup> posição entre os produtos mais exportados pelo agronegócio brasileiro. O Brasil é o terceiro maior consumidor de café, tendo em 2020 consumido 21,2 milhões de sacas de 60 kg (ABIC, 2020) e é o maior produtor mundial, contribuindo com 35 % da produção global (ICO, 2020). Sua bebida é uma das mais populares e consumidas no mundo, sendo que em 2019/2020 o consumo global foi de 10 milhões de toneladas de café (*Internacional Coffee Organization*, 2020). Além da bebida, outras formas de consumo têm sido avaliadas, como o uso de subprodutos do processamento do grão, como a casca, a polpa, a película prateada, que é uma camada fina presa ao grão, e o descarte da planta do café (Santos *et al.*, 2021; Stabile *et al.*, 2020).

O café verde é o grão que não foi torrado, passou apenas pelos processos de secagem e descascamento. Sua obtenção ocorre por via seca, tecnologicamente mais simples e com menor custo, no qual as cerejas do café são secas, sob o sol ou em fornos e descascadas. Ou por via úmida, na qual o café após a colheita é submerso em água, a pele e a polpa são removidas e é então fermentado, lavado, seco e descascado, sua principal vantagem é a obtenção de um café de maior qualidade, mais aromático com menor acidez, e de produtos como o pergaminho e a película prateada, porém é um processo mais complexo e de maior impacto ao meio ambiente pelo alto consumo de água (IJERT, 2014; Santos *et al.*, 2021) (Figura 1).

O grão contém diversos componentes como glicídios, proteínas, lipídeos, minerais, porém os componentes que mais caracterizam o café são os alcaloides (cafeína e trionelina), os compostos fenólicos (ACGs) e os ácidos hidroxicinâmicos (Farinhoto, 2012). A Tabela 1 mostra a composição

média do café verde, considerando duas espécies, Arábica e Robusta (Farinhoto, 2012, Moreira, 2013 e Zhu *et al.*, 2020).

Figura 1 - Processamento do café por vias seca e úmida



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2021)

Tabela 1 - Composição do café verde no Brasil, espécies Arábica e Robusta

Constituintes	Arábica*	Robusta*	Arábica**
<b>Cafeína<sup>a</sup></b>	0,9 – 1,2	1,6 – 2,4	-
<b>Trigonelina<sup>a</sup></b>	1,0 – 1,2	0,6 – 0,75	-
<b>Proteína<sup>a</sup></b>	11,0 – 13,0	11,0 – 13,0	14,34 – 15,98
<b>Ácidos<sup>a</sup></b>			
<b>Clorogênicos totais</b>	5,5 – 8,0	7,0 – 10,0	-
<b>Alifáticos</b>	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	-
<b>Quínico</b>	-	-	-
<b>Lípidos totais<sup>a</sup></b>	12,0 – 18,0	9,0 – 13,0	12,88 – 14,86
<b>Minerais<sup>a</sup></b>	3,0 – 4,2	4,0 – 4,5	-
<b>Oligossacarídeos<sup>a</sup></b>	6,0 – 8,0	5,0 – 7,0	-
<b>Polissacarídeos<sup>a</sup></b>	50,0 – 55,0	37,0 – 47,0	-
<b>Sacarose<sup>a</sup></b>	-	-	8,06 – 8,99
<b>Fenólicos totais<sup>b</sup></b>	-	-	37,56 – 43,85
<b>Umidade<sup>c</sup></b>	-	-	8,55 – 9,17

<sup>a</sup> g·100 g<sup>-1</sup> base seca; <sup>b</sup> mg GAE·g<sup>-1</sup> grão de café verde; <sup>c</sup> g·100 g<sup>-1</sup> grão de café verde.

Fonte: adaptado de \*Moreira, 2013, \*\*Zhu *et al.*, 2021.

Entre os compostos presentes no café verde, destacam-se os compostos fenólicos, mais especificamente os ACGs, compostos de elevada concentração nos grãos (Palmieri *et al.*, 2018). Os ACGs atuam como anti-inflamatório, antiobesidade, hepato-protetoras, anti-hipertensivas (Montenegro *et al.*, 2020), diminuem o risco para diabete Mellitus tipo 2 (Ong *et al.*, 2012) e para doenças de Parkinson e Alzheimer (Zhu *et al.*, 2021).

Segundo Moreira (2013), os valores de ACG no café verde variam de 5,5 a 8,0 g· 100 g<sup>-1</sup> de grão cru no Arábica e 7,0 a 10,0 g· 100 g<sup>-1</sup> de grão cru no Robusta. Macheiner *et al.* (2019) determinaram a quantidade de ACG no pó de grão de café Arábica, que variou entre 5,72 a 8,03 g· 100 g<sup>-1</sup> de pó de grão de café verde. O ACG apresenta atividade antioxidante, assim como o ácido hidroxicinâmico, porém durante a torrefação o ACG é degradado em compostos voláteis, ácido cafeico, ácido quínico e transformado em lactonas de ácido clorogênico, apresentando perda de aproximadamente 60 % (Macheiner *et al.*, 2019, Montenegro *et al.* 2021, Moreira *et al.*, 2000, Zain *et al.*, 2017).

O extrato do café verde apresentou maior benefício nutricional em relação a ingestão de uma xícara de café verde, por ser mais concentrado e ter polifenóis e polissacarídeos antes retidos no grão (Desai, 2020). Possui potencial inibidor da absorção de gordura e é um supressor eficaz do seu metabolismo no fígado, apresenta também efeitos anti-hipertensivo (Vieira, 2015). Palmieri *et al.* (2018) determinaram a concentração de ACG no extrato de café verde Arábica não fermentado de 75,41 µg· ml<sup>-1</sup>; em 24 h de fermentação, o fungo (*A. oryzae*) consome substratos como a sacarose e a glicose, e o teor de ACG aumentou para 199,53 µg· ml<sup>-1</sup>. Após este período, foi verificado que o teor de ACG decaiu para 6,30 µg· ml<sup>-1</sup>, em 48 h, devido a degradação por enzimas formadas durante a fermentação.

Motenegro *et al.* (2021) estudaram a atividade antioxidante durante o processo de torra do café verde por diferentes métodos, sendo um deles o método DPPH. Os extratos (1 g de café moído : 8 ml de solvente) foram obtidos com soluções aquosa e 50 % de etanol com auxílio de micro-ondas. Verificaram que em solução de 50 % etanol (EE), o café verde e o café torrado por 12 min à 230 °C, apresentaram valores próximos, 10.770 e 10.620 µmol TE· g<sup>-1</sup> EE, respectivamente. Para os cafés verde torrados por 14 min à 240 °C e torrado por 15 min à 245 °C, ocorreu diminuição significativa da atividade antioxidante, 5.130 e 3.380 µmol TE· g<sup>-1</sup> EE respectivamente, concluindo que o ACG foi degradado na torrefação.

Os ACGs são absorvidos pelo trato gastrointestinal inferior (Ong *et al.*, 2012). Sua comercialização pelas indústrias farmacêuticas e alimentícias enfrenta limitações referente a degradações térmica e pelo fluido gástrico. Sendo assim, os processos de encapsulação e recobrimento são alternativas para manter sua estabilidade (Nedovic *et al.*, 2011).

Os objetivos deste projeto de iniciação científica foram o desenvolvimento e elaboração do protocolo de análise do método de determinação da atividade antioxidante pelo sequestro de radicais livre (DPPH) baseado em Brand-Williams *et al.* (1995); e a partir deste método, avaliar a atividade antioxidante de partículas de café verde sem recobrimento e recobertas em leito fluidizado com o polímero Eudragit® L100, utilizado como revestimento para proteção e mascaramento de sabor e liberação entérica.

## **Materiais e Métodos**

As partículas utilizadas como matéria-prima foram grãos de café verde, tipo arábica, após beneficiamento, adquiridos do Armazém de Café Bernardes LTDA (Machado, MG). Os grãos foram moídos em moinho de facas industrial. As partículas utilizadas apresentam diâmetro médio de Sauter de 1,7 mm.

O café verde foi caracterizado em relação ao teor de água, determinado por método gravimétrico em estufa a 105 °C durante 3 h (012/IV) (IAL, 2008); cinzas(018/IV) (IAL, 2008); proteína por Kjeldahl, com fator de conversão de 6,25 (IAL, 2008); lipídeos pela metodologia de Bligh Dyer (1959) e carboidratos por diferença.

As partículas de café verde foram recobertas em um leito fluidizado com uma suspensão polimérica de Eudragit® L100 (Evonik, Brasil). A suspensão polimérica foi preparada conforme recomendações do fabricante, sendo a concentração de sólidos utilizada de 15 %. Detalhes do sistema experimental e da formulação são descritos em Barletta *et al.* (2020). O processo de recobrimento foi realizado de acordo com um planejamento experimental <sup>22</sup> com três pontos centrais, em uma pesquisa

paralela a essa. As variáveis operacionais estudadas foram a temperatura do ar de entrada ( $T$ , °C) e a vazão de alimentação da suspensão de recobrimento ( $V$ ,  $\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$ ), conforme descrito na Tabela 2. A massa de material em cada ensaio foi de 0,210 kg e a pressão do ar de atomização foi de  $1,5 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ . A vazão do ar de entrada foi ajustada de acordo com o regime fluidodinâmico e o tempo de processo foi calculado para um ganho de camada teórico de 20 %. Como respostas foram avaliadas a atividade antioxidante das amostras de café verde recobertas ( $AA^1$ ) e das amostras de café verde recobertas, desconsiderando a massa do polímero de recobrimento ( $AA^2$ ). O estudo do efeito das variáveis sobre a resposta foi realizado com auxílio do programa Minitab®16, considerando nível de confiança de 95 %.

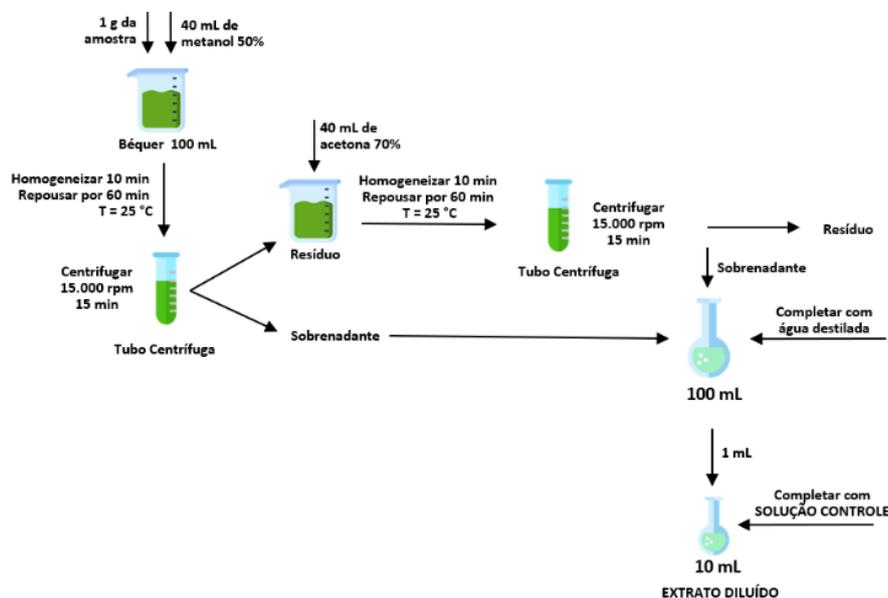
Tabela 2 - Variáveis operacionais e níveis do planejamento experimental  $2^2$  com três pontos centrais

Variáveis Reais	Níveis		
	-1	0	1
T (°C)	35	40	45
V ( $\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$ )	2,5	3,0	3,5

### Análise de Capacidade Antioxidante DPPH

Os extratos das amostras foram obtidos a partir de 1 g de amostra, na qual foi adicionado 40 mL de metanol 50 %. Ao resíduo da primeira extração, foi adicionado 40 mL de acetona 70 %, os extratos foram obtidos em duplicata (Rufino *et al.*, 2007; Tripetch *et al.*, 2019). A Figura 2 representa o processo de preparo da amostra.

Figura 2 - Preparo do extrato de café verde utilizado para determinação da capacidade antioxidante por DPPH



A curva padrão foi construída com as soluções de DPPH ( $MM = 394,32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  da Sigma Aldrich)  $0,06 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , a partir de 1,2 mg de DPPH dissolvido em 50 mL de metanol P.A.; controle com 40 mL de metanol 50 %, 40 mL da acetona 70 % e água destilada até 100 mL e; padrão Trolox ( $MM = 250,29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  da Sigma Aldrich)  $1,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , a partir de 0,01252 g de Trolox dissolvido em 50 mL de metanol P.A. Todas as soluções foram protegidas da luz (Rufino *et al.*, 2007).

Alíquotas de 0,1 mL de concentração entre 0 e  $400 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  de Trolox foram transferidas para tubos de ensaio com 3,9 mL da solução de DPPH ( $0,06 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), mantido em repouso por

30 min, protegido da luz. O metanol foi utilizado como branco e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (UV2600, Shimadzu) de 300 a 700 nm, sendo que a absorvância máxima variou entre 515 e 516,5 nm.

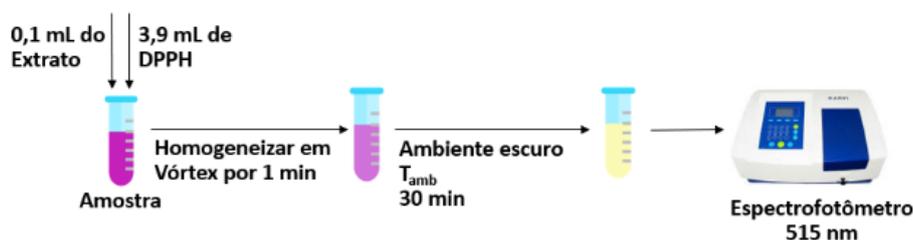
Os dados de absorvância obtidos para cada concentração de Trolox foram ajustados a equação de uma reta (Equação 1):

$$Abs = a [\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}] + b \quad (\text{Equação 1})$$

Em que  $Abs$  é a leitura da absorvância a 515 nm,  $[\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}]$  é a concentração final de Trolox e  $a$  e  $b$  são constantes.

A atividade antioxidante foi determinada a partir de 0,1 mL dos extratos das amostras com concentração de  $0,001 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  e 3,9 mL da solução de DPPH ( $0,06 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro entre 515 e 516,5 nm (Figura 3).

Figura 3 - Processo para a obtenção da atividade antioxidante baseado no método de Brand-William



A diminuição da absorvância, alteração da coloração roxa para amarela ocorre quando o radical DPPH é reduzido para DPPH-H. Utilizando a curva padrão, foi calculado o valor da concentração de Trolox presente na amostra ( $\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Com esse resultado, foi possível expressar a capacidade antioxidante em  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  matéria seca (Equação 2).

$$DPPH \left[ \frac{\mu\text{mol TE}}{\text{g matéria seca}} \right] = \frac{x \cdot V \cdot D}{M \cdot (1-U)} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que  $x$  é a concentração de Trolox equivalente ( $\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$ ),  $V$  é o volume utilizado para preparar o extrato (L),  $D$  é o fator de diluição,  $M$  é a massa utilizada no extrato (g) e  $U$  é a umidade da amostra (b.u.).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de *Tukey*.

## Resultados e Discussão

Os grãos de café verde apresentaram teores de água de  $9,40 \pm 0,01 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , lipídios de  $3,7 \pm 0,3 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , proteínas de  $13,52 \pm 0,09 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , cinzas de  $3,87 \pm 0,05 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  e carboidratos por diferença  $69,53 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  café verde. Com exceção do teor de lipídios, os resultados estão de acordo com os reportados por Moreira (2013) e Zhu *et al.* (2021).

A atividade antioxidante do café verde foi igual a  $11.018 \pm 862 \mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  matéria seca (Tabela 3), similar ao reportado por Montenegro *et al.* (2021). Em relação às amostras recobertas, as amostras E3, E5, E6 e E7 não apresentaram diferença significativa entre si ( $p > 0,05$ ). As amostras E4 e E2 apresentaram os menores valores para a atividade antioxidante, sendo E2 diferente significativamente das demais amostras. Os parâmetros de processo da amostra E2 foram os menos favoráveis, pois a temperatura utilizada foi a mais próxima da temperatura ambiente e a vazão de recobrimento foi a máxima, o que dificultou a secagem das partículas.

A amostra que apresentou o maior valor de atividade antioxidante foi a do café verde sem recobrimento (CV) como esperado pelo fato de ser o café verde *in natura*. As amostras E7, E5 e E3 apresentaram maiores valores de atividade antioxidante dentre as amostras recobertas, E3 com maior temperatura e menor vazão e E7 e E5 obtidas nos pontos centrais.

Tabela 3 - Atividade antioxidante das amostras de café verde sem recobrimento (CV), recobertas (AA<sup>1</sup>) e desconsiderando a massa do polímero de recobrimento (AA<sup>2</sup>)

Amostra	T (°C)	V (g·min <sup>-1</sup> )	AA <sup>1</sup> (μmol TE·g <sup>-1</sup> )	AA <sup>2</sup> (μmol TE·g <sup>-1</sup> café verde)
CV ( <i>in natura</i> )	-	-	11.018 ± 862 <sup>a</sup>	11.018 ± 862 <sup>a</sup>
E1	35	2,5	7.694 ± 191 <sup>cd</sup>	9.657 ± 563 <sup>ab</sup>
E2	35	3,5	3.988 ± 390 <sup>e</sup>	5.617 ± 1374 <sup>c</sup>
E3	45	2,5	8.410 ± 212 <sup>bc</sup>	9.809 ± 248 <sup>ab</sup>
E4	45	3,5	6.998 ± 547 <sup>d</sup>	8.722 ± 681 <sup>b</sup>
E5	40	3,0	8.524 ± 82 <sup>bc</sup>	10.145 ± 98 <sup>ab</sup>
E6	40	3,0	8.161 ± 156 <sup>bc</sup>	9.837 ± 188 <sup>ab</sup>
E7	40	3,0	9.015 ± 129 <sup>b</sup>	10.773 ± 154 <sup>a</sup>

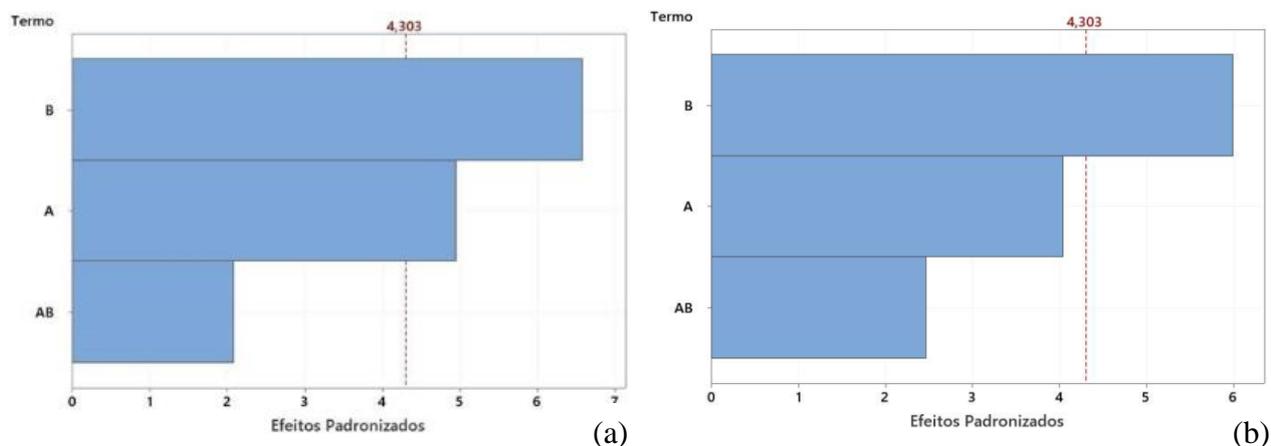
Médias com a mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente (p>0,05).

Desconsiderando a massa do polímero de recobrimento (AA<sup>2</sup>), verifica-se que as amostras CV, E1, E3, E5, E6 e E7 não apresentaram diferença significativa entre si, ou seja, independente dos seus tratamentos, essas amostras apresentaram a mesma atividade antioxidante do café verde *in natura*. Já a amostra E2 foi diferente significativamente das demais amostras.

Os gráficos de Pareto para as respostas estudadas, AA<sup>1</sup> e AA<sup>2</sup>, são apresentados na Figura 4 (a) e (b), respectivamente. Os efeitos estatisticamente significativos se localizam à direita do limiar de significância (p<0,05). Pela Figura 4 (a) observa-se que a temperatura do ar e a vazão de suspensão apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre a atividade antioxidante AA<sup>1</sup> (sem desconsiderar a massa de polímero de recobrimento), sendo que a vazão foi a variável que apresentou maior influência sobre essa resposta. E3 e E4 foram recobertas na maior temperatura, mas em vazões diferente, mostrando o efeito da vazão. Porém, o modelo apresentou R<sup>2</sup> = 0,6583 e a falta de ajuste foi significativa.

Para a atividade antioxidante AA<sup>2</sup> (desconsiderando a massa do polímero de recobrimento), Figura 4 (b), apenas o efeito da vazão de suspensão foi estatisticamente significativo.

Figura 4 - Gráficos de Pareto para (a) atividade antioxidantes AA<sup>1</sup> e (b) atividade antioxidante AA<sup>2</sup> (em que A: temperatura do ar e B: vazão de suspensão)



## Conclusão

A atividade antioxidante determinada pelo método DPPH das partículas recobertas com Eudragit® L100 foi influenciada significativamente pela temperatura do ar e vazão de alimentação da suspensão de recobrimento, pelo incremento de massa de polímero às partículas de café verde. Ao desconsiderar a massa do polímero de recobrimento, apenas o efeito da vazão de alimentação da suspensão de recobrimento foi significativo.

Os resultados da atividade antioxidante precisam ser melhor explorados, como por exemplo, sua relação com a eficiência do processo e o ganho de camada de recobrimento, assim como a obtenção do extrato, considerando uma maior massa de amostra, a fim de minimizar erros experimentais devido à variabilidade das amostras.

## Referências Bibliográficas

- ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café (2020). Indicadores da Indústria do Café.
- Barbosa, K.B.F.; Costa, N.M.B.; Alfenas, R.C.G.; Paula, S.O.; Minim, V.P.R.; Bressan, J. (2010) Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista Nutrição*, **23**, 629-643.
- Barletta, L.G.; Barbosa, L.A.; Souza, L.F.G.; Masaoka, T.G.M.; Nitz, M.; Andreola, K. (2020) Estudo do processo de recobrimento de partículas de café verde em leito fluidizado. Anais do 12º Seminário Mauá de Iniciação Científica.
- Benzie, I.F.F.; Strain, J.J. (1996) The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Department of Health Sciences*, **239**, 70–76.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; & Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, **28**, 25–30.
- Costa, A.S.G. (2012) *Pele de prata do café: desenvolvimento de um método sustentável de extração de compostos bioativos*. Dissertação. Porto, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Desai, N.M.; Mallik, B.; Sakhare, S.D.; Murthy, P.S. (2020) Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, **134**, 109924.
- Farinhoto, R.J.C.R. (2012) *Análise física e química de cafés verdes com diferentes origens geográficas*. Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Huang, D.; Ou, B.; Prior, R.L. (2005) The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 1841–1856.
- ICO – International Coffee Organization (2020). Monthly Coffee Market Report. Disponível em: <http://www.ico.org/documents/cy2019-20/cmr-0920-e.pdf>.
- IJERT - International Journal of Engineering Research & Technology. Processing and Drying of Coffee – A Review (2014), **3**, 784 – 794.
- Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Edição. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>
- Kuskoski E.M.; Asuero A.G.; Troncoso A.M.; Mancini Filho J.; Fett R. (2005) Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. *Cien Tecnol Aliment.*, **25**, 726-32.
- Lima, A.R.; Pereira, R.G.F.A.; Abrahão, S.A.; Duarte, S.M.S.; Paula, F.B.A. (2010) Compostos bioativos do café: atividade antioxidante *in vitro* do café verde e torrado antes e após a descafeinação. *Química Nova*, **33**, 20-24.
- Macheiner, L.; Schmidt, A.; Schreiner, M.; Mayer, H.K. (2019) Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, **84**, 103307.
- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (2017). Café no Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>.
- Montenegro, J.; Santos, L.S.S.; Souza, R.G.G.; Lima, L.G.B.; Mattos, D.S.; Viana, B.P.P.B.; Bastos, A.C.S.F.; Muzzi, L.; Conte Jr, C.A.; Gimba, E.R.P.; Silva, O.F.; Teodoro, A.J. (2020) Bioactive compounds, antioxidant activity and antiproliferative effects in prostate cancer cells of green and

- roasted coffee extracts obtained by microwave-assisted extraction (MAE). *Food Research International*, **140**, 110014.
- Moreira, M.E.C. (2013) Avaliação do Potencial Farmacológico de Café (*Coffea Arábica* L.) verde e torrado. Porto, Universidade Federal de Lavras.
- Moreira, R.F.A.; Trugo, L.C.; Maria, C.A.B. (2000) Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. *Química Nova*, **23**, 195-203.
- Nedovic, V.; Kalusevic, A.; Manojlovic, V.; Levic, S.; Bugarski, B. (2011) An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, **1**, 1806–1815.
- Ong, K.W.; Hsu, A.; Tan, B.K.H. (2012) Chlorogenic Acid Stimulates Glucose Transport in Skeletal Muscle via AMPK Activation: A Contributor to the Beneficial Effects of Coffee on Diabetes. *PLOS one*, **7**, e32718.
- Ou, B.; Hampsch-Woodill, M.; Prior, R. L. (2001) Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 4619–4626.
- Palmieri, M.G.S.; Cruz, L.T.; Bertges, F.S.; Húngaro, H.M.; Batista, L.R.; da Silva, S.S.; Fonseca, M.J.V.; Rodarte, M.P.; Vilela, F.M.P.; do Amaral, M.P.H. (2018) Enhancement of antioxidant properties from green coffee as promising ingredient for food and cosmetic industries. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **16**, 43-48.
- Pinheiro, F.A.; Elias, L.F.; Filho, M.J.; Modolo, M.U.; Rocha, J.C.G.; Lemos, M.F.; Scherer, R.; Cardoso, W.S. (2020) Arabica and Conilon coffee flowers: Bioactive compounds and antioxidant capacity under different processes. *Food Chemistry*, **336**, 1-10.
- Pires, J.S.; Torres, P.B.; Santos, D.Y.A.C.; Chow, F. (2017) Ensaio em microplaca de substâncias redutoras pelo método do Folin-Ciocalteu para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Pires, J.S.; Torres, P.B.; Santos, D.Y.A.C.; Chow, F. (2017) Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Reis, E.C. (2016) *Avaliação da Atividade Antioxidante dos Extratos Etanólicos dos Frutos de Eugenia moraviana e Eugenia blastantha*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; de Brito, E.S.; de Moraes, S.M.; Sampaio, C.G.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F.D. (2007) Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical.
- Santos, É.M.; Macedo, L.M.; Tundisi, L.L.; Ataíde, J.A.; Camargo, G.A.; Alves, R.C.; Oliveira, M.B.P.P.; Mazzola, P.G. (2021) Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **111**, 280-291.
- Siddeeg, A.; Alkehayez, N.M.; Abu-Hiamed, H.A.; Al-Sanea, E.A.; Al-Farga, A.M. (2020) Mode of action and determination of antioxidant activity in the dietary sources: An overview. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **28**, 1633-1644.
- Silva, M.L.C.; Costa, R.S.; Santana, A.S.M.; Koblitiz, M.G.B. (2010) *Compostos fenólicos carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais*. Seminário. Universidade Estadual de Feira de Santana, Londrina, **31**, 669-682.
- Sucupira, N.R.; Silva, A.B.; Pereira, G.; Costa, J.N. (2012) *Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Fruto*. Artigo de Revisão. Universidade Federal do Ceará.
- Tripetch, P.; Borompichaichartkul, C.; (2019) Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *Journal of Stored Products Research*, **84**, 101510.
- Tonon R.V.; Brabet C.; Hubinger M. D. (2010) Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, **43**, 907–914.
- Vieira, L.D.C.G. (2015). *Características fitoquímicas e propriedades antioxidantes do grão de café verde*. Mestrado. Porto, Universidade Fernando Pessoa.

- Yashin A.; Yashin Y.; Wang J.Y.; Nemzer B. (2013) Antioxidant and Antiradical Activity of Coffee. *Antioxidants (Basel)*, **2**, 230-245.
- Zhu, M.; Long, Y.; Ma, Y.; Chen, Y.; Yu, Q.; Xie, J.; Li, B.; Tian, J. (2021) Comparison of chemical and fatty acid composition of green coffee bean (*Coffea arabica* L.) from different geographical origins. *LWT- Food Science and Technology*, **140**, 110802.