

## Evaluation of different methods of drying jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel for the preservation of bioactive compounds

### Avaliação dos diferentes tipos de secagem da casca de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) para preservação dos compostos bioativos

Article Info:

Article history: Received 2023-07-06/ Accepted 2023-07-04 / Available online 2023-08-02

doi: 10.18540/jcecvlXiss6pp16295-01e



**Claudinei Luiz Saibert**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5320-6710>

Associação de Ensino, Pesquisa e Extensão - Faculdade Biopark, Brasil

E-mail: [claudinei.saibert@bpkedu.com.br](mailto:claudinei.saibert@bpkedu.com.br)

**Araceli Scalcon**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6713-1820>

Associação de Ensino, Pesquisa e Extensão - Faculdade Biopark, Brasil

E-mail: [araceli.scalcon@bpkedu.com.br](mailto:araceli.scalcon@bpkedu.com.br)

**Jéssica Angela Pandini Klauck**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8525-1877>

Associação de Ensino, Pesquisa e Extensão - Faculdade Biopark, Brasil

E-mail: [jessica.klauck@bpkedu.com.br](mailto:jessica.klauck@bpkedu.com.br)

**Letycia Lopes Ricardo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-7768>

Associação de Ensino, Pesquisa e Extensão - Faculdade Biopark, Brasil

E-mail: [letyucia.ricardo@bpkedu.com.br](mailto:letyucia.ricardo@bpkedu.com.br)

**Jones Erni Schmitz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4337-1480>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: [jonesschmitz@utfpr.edu.br](mailto:jonesschmitz@utfpr.edu.br)

#### Resumo

Os frutos da jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg) apresentam propriedades antioxidantes, relacionadas com os compostos fenólicos presentes. Assim, o objetivo deste trabalho foi definir qual método de secagem é o mais viável para a obtenção de pó de casca de jabuticaba, de modo a conservar os compostos fenólicos. As cascas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, em liofilizador e em leito fluidizado, em seguida todo material foi triturado e submetido a análises de densidade aparente e compactada, umidade, pH e análise visual. Foram avaliadas a atividade antioxidante e a atividade antimicrobiana frente aos microrganismos *S. aureus*, *E. coli* e *C. albicans*. Verificou-se que o processo de secagem em leito fluidizado com vazão volumétrica de 600 m<sup>3</sup>/h na temperatura de 25°C, possibilitou a obtenção de um valor IC<sub>50</sub> de 29,7 µg/mL, sem afetar a atividade antimicrobiana e gerando um pó com características desejáveis para formulações nutraceuticas.

**Palavras-chave:** Antioxidante. Antimicrobiano. Leito Fluidizado. Secagem.

#### Abstract

The fruits of the jabuticaba tree (*Myrciaria cauliflora* Berg) have antioxidant properties related to phenolic compounds present. Thus, this work aimed to define which drying method is the most viable for obtaining jabuticaba peel powder and preserving the phenolic compounds. The peels were dried in an oven with forced air circulation, in a lyophilizer, or in a fluidized bed; then, all material

was crushed and subjected to analysis of apparent and compacted density, humidity, pH, and visual analysis. Antioxidant and antimicrobial activity against *S. aureus*, *E. coli*, and *C. albicans* microorganisms were evaluated. It was found that the drying process in a fluidized bed with a volumetric flow rate of 600 m<sup>3</sup>/h at a temperature of 25°C made it possible to obtain an IC<sub>50</sub> value of 29.7 µg/mL without affecting the antimicrobial activity and generating a powder with desirable characteristics for nutraceutical formulations.

**Keywords:** Antioxidant. Antimicrobial. Fluidized Bed. Drying.

## 1. Introdução

O Brasil ocupa um amplo território com as mais variadas condições climáticas, fato que contribuiu para o desenvolvimento de muitas espécies vegetais caracterizadas pela presença de substâncias biologicamente ativas, dentre essas espécies destaca-se a jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* B.) (Nunes *et al.*, 2014; Coelho, 2017). As jabuticabeiras podem ser encontradas nos principais biomas brasileiros, pertencem à família Myrtaceae, é uma árvore frutífera, cujos frutos são caracterizados por uma baga globosa de até 3 cm de diâmetro, pela casca arroxeadada e pela polpa esbranquiçada e agridoce (Lima *et al.*, 2008).

O consumo do fruto da jabuticabeira, normalmente é feito in natura ou na forma de sucos, geleias, vinhos e licores, por esse motivo, apresenta um grande potencial na indústria alimentícia. A jabuticaba também é utilizada na medicina popular para o tratamento de tosse, bronquite, asma e inflamação das amígdalas (Reynertson *et al.*, 2006). Além disso, seus óleos essenciais apresentam propriedades analgésicas, antibacterianas, antifúngicas, antiinflamatórias e antioxidantes (Stefanelo *et al.*, 2011). Porém, a propriedade mais explorada é o elevado potencial antioxidante que a jabuticaba apresenta, podendo ser empregada na prevenção de muitas doenças oriundas do estresse oxidativo. As substâncias antioxidantes da jabuticaba atuam equilibrando dano oxidativo. A atividade antioxidante de produtos à base de jabuticaba está relacionada com a quantidade de compostos fenólicos, principalmente as antocianinas (Coelho, 2017). Segundo Naves e colaboradores (2010), uma dieta que contemple a inclusão de insumos obtidos de jabuticaba é desejável para uma vida saudável.

Por outro lado, os frutos frescos têm um tempo de vida útil curto, bem como existem partes da fruta que não são utilizadas no processamento convencional, o que leva a perdas. Assim, o emprego alternativo de subprodutos vegetais pode agregar valor econômico à produção, e possibilitar a formulação de novos produtos. Entretanto, existe a necessidade de desenvolvimento tecnológico para se efetuar o aproveitamento sem que ocorra a degradação das substâncias bioativas presentes em tais insumos (Silva, 2015). Desta forma, vários grupos de pesquisadores têm trabalhado no desenvolvimento de métodos para a obtenção de produtos derivados da jabuticaba que preservem quantidades significativas destas substâncias (Garcia *et al.*, 2020; Almeida *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2014).

Neste contexto, sabe-se que a redução do teor de umidade da matéria prima é essencial tanto para a conservação durante o armazenamento quanto para facilitar as demais etapas do processamento (Arrotéia *et al.*, 2017). Assim sendo, neste trabalho pretende-se verificar qual método de secagem, entre estufa, liofilizador e leito fluidizado, é o mais viável para a obtenção de pó de casca de jabuticaba, de modo a conservar os compostos fenólicos, e que possibilite a utilização do pó resultante em composições nutraceuticas e alimentícias.

## 2. Metodologia

### 2.1 Colheita e preparação

Os frutos de jabuticabeira da variedade Sabará (*Myrciaria cauliflora*) foram coletadas no distrito de Novo Sarandí, no município de Toledo Paraná (23°33'50,0''S e 53°53'36,2''W), foram selecionados, em um primeiro momento, durante a colheita, junto às jabuticabeiras sendo descartados os frutos que estavam no chão, ou danificados.

Posteriormente os frutos foram higienizados em água corrente, e foi feita a imersão em solução de hipoclorito de sódio a 10 % por 30 minutos, e novamente lavados em água corrente. Na

sequência, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos de polietileno e congelados em um congelador na temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para os testes, foi realizada a despolpa de forma manual, separando-se a casca da polpa com semente. Somente as cascas foram utilizadas para os demais procedimentos.

## 2.2 Ensaio de secagem

O processo de secagem do material vegetal foi realizado em três equipamentos diferentes:

- Leito fluidizado (JLF), um modelo MD FBE 5.0 com capacidade de 5 litros, com corrente de ar ascendente aquecida. Foi utilizado 1,545 kg de casca, o fluxo de ar com vazão de  $600\text{ m}^3/\text{h}$ , a temperatura do ar no processo de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o tempo total de secagem de 11 horas.

- Estufa com ventilação forçada de ar (JVF), neste processo, 6,765 kg de cascas foram espalhadas uniformemente em bandejas de inox, e secas por 93 horas. A vazão volumétrica de ar foi de  $300\text{ m}^3/\text{h}$ , e a temperatura foi de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Liofilizador (JL) modelo LS6000 com capacidade de 6 kg. Para esse procedimento, foram utilizados 613,740 g de casca, sendo a casca congelada previamente e submetida a vácuo de 205 mmHg, com temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 48 horas, em seguida, realizado procedimento por 72 horas utilizando 613,435 g de casca mantendo as mesmas variáveis vácuo de 205 mmHg, com temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Para cada um dos métodos de secagem testados foram avaliados rendimento do pó, perda de água da amostra em quilogramas, e em percentual, densidade aparente e compactada do pó (AULTON, 2005), índice de Caar (AULTON, 2005), índice de Hausner (AULTON, 2005), pH (AOAC, 2010) e umidade, por meio do Analisador de umidade Metter Toledo.

Foram ainda definidos novos parâmetros de secagem para o leito fluidizado (JLF-1 a JLF-8), realizando um planejamento experimental <sup>22</sup> com duplicata onde avaliaram-se dois parâmetros: a temperatura do ar de entrada ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a vazão do ar de entrada ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Parâmetros de secagem para os testes em leito fluidizado (JLF-1 a JLF-8).**

Amostra	Vazão do ar de entrada / $\text{m}^3\text{ h}^{-1}$	Temperatura do ar de entrada / $^{\circ}\text{C}$
JLF-1	500 (-)	45 (+)
JLF-2	600 (+)	25 (-)
JLF-3	600 (+)	25 (-)
JLF-4	500 (-)	45 (+)
JLF-5	500 (-)	25 (-)
JLF-6	500 (-)	25 (-)
JLF-7	600 (+)	45 (+)
JLF-8	600 (+)	45 (+)

## 2.3 Preparação dos extratos e testes de atividade antioxidante

Aproximadamente 30 g do material vegetal seco obtido pelos 3 processos de secagem (JLF, JVF e JL) foram submetidos à extração metanólica, à frio, por maceração exaustiva, por 72 horas. Após remoção do solvente sob vácuo em rotaevaporador, marca Quimis modelo Q342B2, à temperatura de  $33\text{-}35\text{ }^{\circ}\text{C}$  foi obtido o extrato bruto metanólico da secagem em leito fluidizado, estufa ventilação forçada e liofilizador.

Atividade antioxidante: A quantificação de atividade antioxidante foi baseada no método por DPPH, conforme descrito por Brand-Willians (1995). As amostras foram preparadas em concentração de 10 mg/ml, utilizando metade do volume em metanol para solubilização e completo com água. A solução de DPPH foi preparada da mesma forma em concentração 0,316 mmol/L. Em placa de 96 poços, cada amostra será diluída de forma serial em proporção 1:2 com solução aquosa de metanol 50 %, totalizando 100  $\mu\text{L}$  em cada poço. Como controle positivo será utilizado ácido

ascórbico em concentração 1 mg/ml. Após o preparo das amostras, será adicionado 100 µL de solução de DPPH em cada poço em local de baixa claridade e incubado por 30 minutos em local escuro. A absorbância será medida no comprimento de onda de 516 nm em leitora de microplaca. A cor roxa do DPPH se altera na presença de substância antioxidante, tornando-se amarela. Cada amostra foi testada em duplicata e o resultado expresso como a concentração necessária para inibir 50% dos radicais livres.

#### 2.4 Atividade microbiológica

O teste de suscetibilidade é baseado no método de Kirky-Bauer conforme descrito por Hudzicki (2009). Para os testes serão utilizados os microrganismos *S. aureus* (ATCC 6538), *E. coli* (ATCC 8739) e *C. albicans* (ATCC 10231). Cada microrganismo foi testado em duplicata, em placas de petri de 150 mm contendo meio de cultura ágar Mueller-Hinton recentemente preparada. Foram espalhados 300 µL contendo aproximadamente  $1 \times 10^7$  CFU/mL com auxílio de uma alça de Drigalski esterilizada. Discos de papel filtro de 6mm foram impregnados com solução de cada extrato totalizando 2 mg/disco e esterilizados por luz UV por 15 minutos cada lado. Para os controles positivos foram utilizados discos impregnados com 10 µL de Gentamicina para *S. aureus* e *E. coli* e 10 µL de Natamicina para *C. albicans*. Esses foram dispostos na placa após o espalhamento do microrganismo e incubados em estufa bacteriológica a 37°C em posição invertida.

### 3. Resultados e Discussão

Foram coletados 70 kg de frutos de jabuticabeira, destes obteve-se 27,470 kg de frutos limpos in natura, e destes, foram separados 12,440 kg de casca. Os resultados da caracterização das amostras submetidas a secagem, para cada um dos métodos, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Caracterização dos processos de secagem em leito fluidizado (JLF), em estufa (JVF) e em liofilizador (JL).**

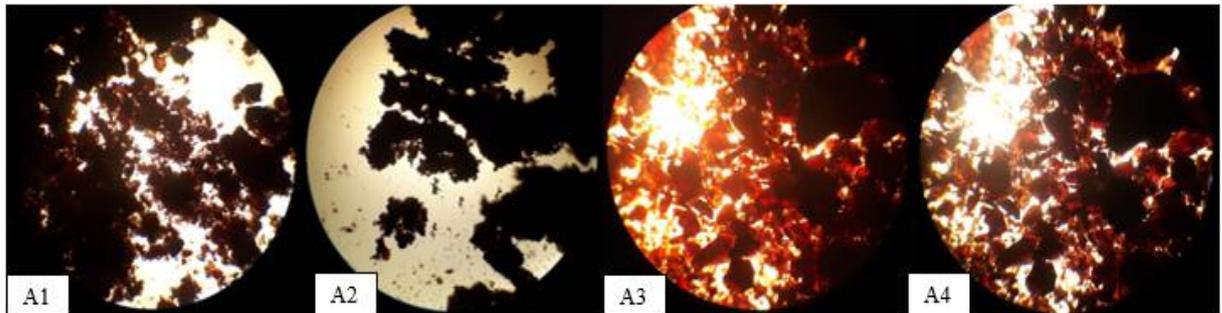
Parâmetros	JLF (11 h)	JVF (93 h)	JL (48 h)	JL (72 h)
Quantidade de material vegetal	1,545 kg	6,765 kg	613,740 g	613,435 g
Quantidade de pó obtido	410 g	1,680 kg	128,954 g	126,577 g
Rendimento do pó	26,54%	24,83%	21,01%	20,63%
Perda de água da amostra	1,135 kg	5,090 kg	484,79 g	486,86 g
Perda de água (%)	73,46%	75,24%	78,99%	79,37%
Densidade aparente	0,68 g/mL	0,66 g/mL	0,49 g/mL	0,48 g/mL
Densidade compactada	0,87 g/mL	0,89 g/mL	0,82 g/mL	0,83 g/mL
Índice de Carr	0,22%	0,26%	0,40%	0,42%
Índice de Hausner	1,27	1,34	1,67	1,72
pH antes da secagem	3,58	3,56	3,6	3,6
pH após a secagem	3,23	3,21	3,21	3,24
Umidade	11%	10%	9%	9%

Pela Tabela 2, observa-se um rendimento maior de pó para o processo de secagem em leito fluidizado, com 26,54 % em relação as demais processos de secagem em estufa e liofilizador (24,83 % e 21,01 % e 20,63 %, respectivamente). Porém, observa-se que a perda de água foi a menor para este método. Segundo Amato e colaboradores (2002) a secagem de grãos de arroz também apresentou bons resultados em leito fluidizado, porém a operação de secagem é uma etapa complexa no beneficiamento do arroz, pois é uma tecnologia que envolve inúmeras variáveis no processo e que devem ser equilibradas e ajustadas ao longo da operação.

Na secagem em liofilizador por 72 horas, observou-se também um pH com menor acidez, já a secagem em estufa apresentou um pH com maior acidez, e a secagem em o leito fluidizado se

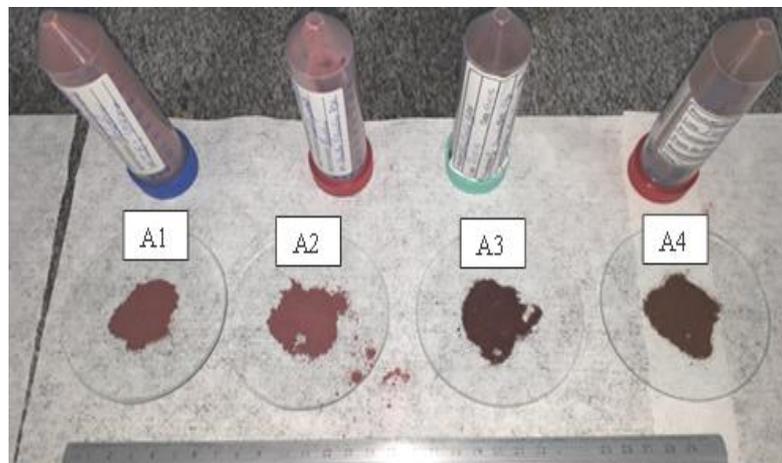
manteve numa condição intermediária das demais mencionadas. Os valores obtidos estão em concordância com os obtidos por Rocha (2009).

As imagens da análise visual mostram que a secagem em liofilizador por 72 horas (Figura 1.A1) e 48 horas (Figura 1.A2) apresentaram um pó extremamente fino, de fácil aglomeração entre os grânulos, já o pó obtido por secagem em leito fluidizado (Figura 1.A3) e em estufa (Figura 1.A4) apresentaram granulometria com dimensões maiores observadas visualmente e de fácil dispersão entre as partículas.



**Figura 1 - Análise visual dos pós obtidos em liofilizador por 72 horas (A1), liofilizador por 48 horas (A2), leito fluidizado (A3) e estufa (A4).**

Conforme verificado por Rocha (2009) a temperatura utilizada no processo de secagem pode promover alterações na cor original. Visualmente a coloração da polpa e do extrato de jabuticaba apresentaram tonalidade de cor avermelhada clara tendendo para a avermelhada mais escura. As cores obtidas também apresentaram diferentes tonalidades, como se observa na Figura 2.



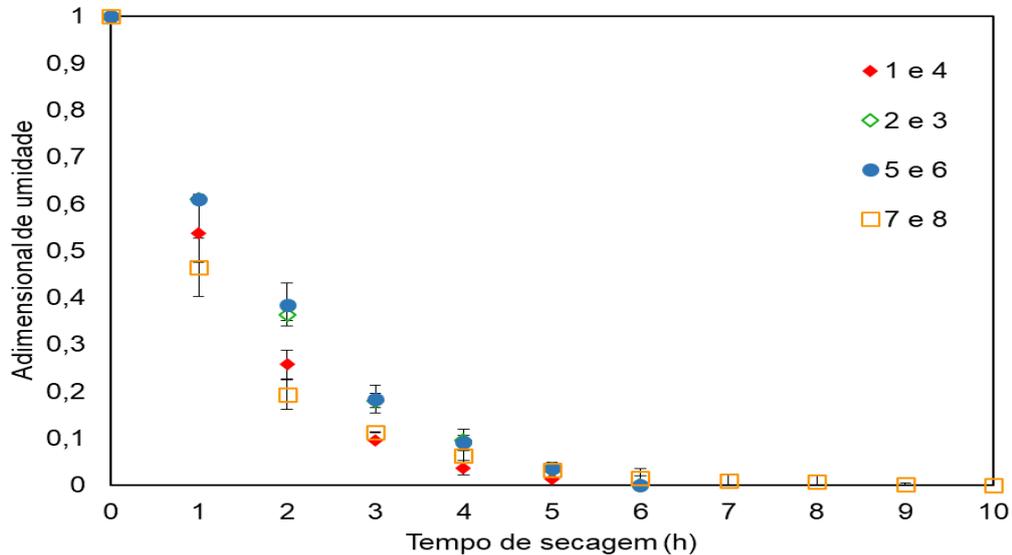
**Figura 2 - Cores dos pós obtidos em liofilizador por 72 horas (A1), liofilizador por 48 horas (A2), leito fluidizado (A3) e estufa (A4).**

A secagem em liofilizador nos tempos 48 h e 72 h levou a obtenção de pós com tonalidades mais claras, enquanto os pós obtidos nos processos de secagem em leito fluidizado e em estufa de circulação forçada apresentaram uma coloração mais escura.

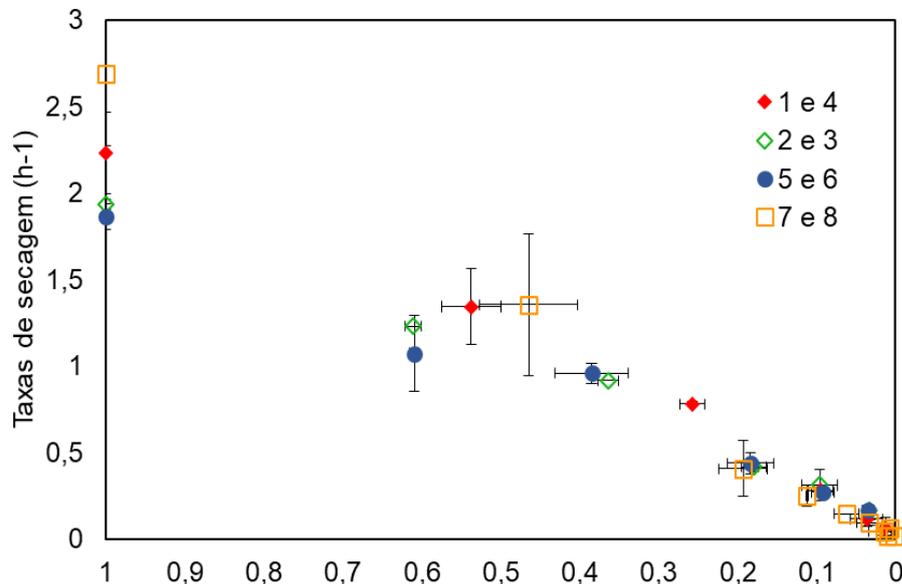
Avaliando-se o conjunto de resultados, observou-se que o método mais efetivo para produção em larga escala seria o método de secagem por leito fluidizado, pois o mesmo tem um processo mais rápido e pode obter um pó com melhores características para o processamento e desenvolvimento de fórmulas sólidas em comprimidos.

### 3.1 Curvas de secagem

Nos gráficos das Figuras 3 e 4 são apresentadas as curvas de cinética e de taxas de secagem relativas às condições de secagem do processo, de acordo com o planejamento experimental proposto. Durante os experimentos de secagem, foi possível manter o ambiente climatizado com a temperatura ambiente em 22 °C e UR de 55%.



**Figura 3 - Curvas de secagem usando leito fluidizado, de acordo com o Planejamento Fatorial (Tabela 1).**



**Figura 4 - Taxas de secagem em função do adimensional de umidade, para o processo de secagem usando leito fluidizado.**

As curvas de cinética de secagem mostram a variação do adimensional de umidade em função do tempo de secagem (h). As taxas de secagem foram plotadas em função do teor de umidade adimensional, e mostram o comportamento da variação de umidade, em função do teor de umidade do material.

As curvas de secagem ilustradas na Figura 3 mostram que a variação da umidade foi maior nas 2 primeiras horas do processo, o que é característico do processo de secagem. Esse

comportamento se deve ao fato de que as taxas de secagem serem mais altas no início do processo de secagem, como apresentado na Figura 4. Tal comportamento é esperado uma vez que os gradientes de temperatura e concentração de umidade são maiores nesta etapa, favorecendo a transferência de umidade. Na sequência, nas duas horas seguintes, as taxas permanecem altas, em relação ao restante do processo. A seguir, as taxas começam a decrescer, até o momento em que se atinge a umidade de equilíbrio e a transferência de massa é cessada.

Observa-se que as taxas de secagem são maiores para as condições mais severas de secagem (experimentos 7 e 8), e a variação de umidade é maior. Porém os desvios também são maiores, mostrando uma menor reprodutibilidade entre os experimentos. Além disso, houve uma variabilidade nos resultados dos experimentos 7 e 8 (mesmas condições).

Apesar das diferentes condições de secagem, com exceção do experimento 7, o equilíbrio do processo (massa constante da amostra) foi atingido após 6 horas de secagem. Levando-se em consideração a eficiência energética do processo, que é maior, as condições mais brandas podem se tornar as etapas ótimas do processo.

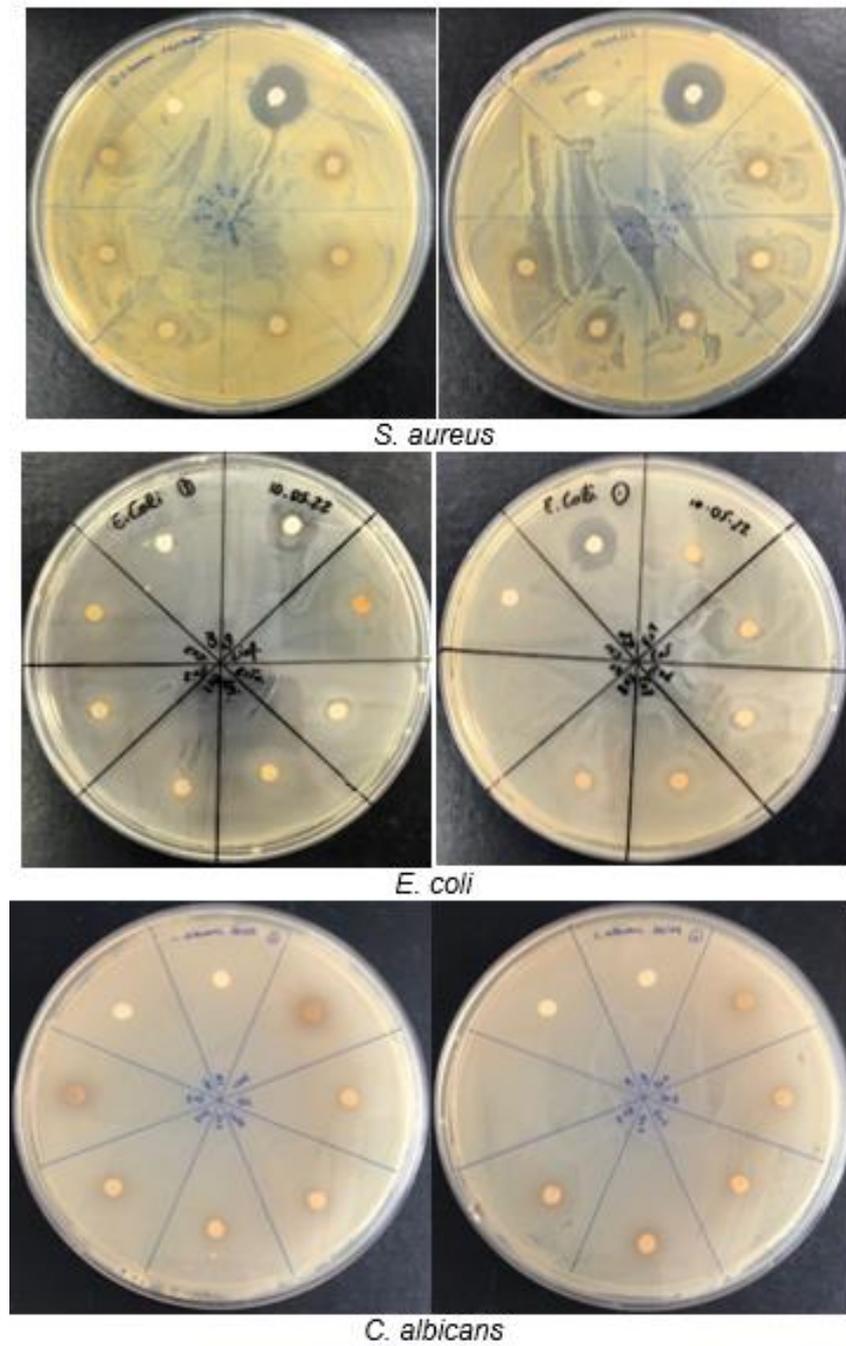
### 3.2 Atividade antimicrobiana

A avaliação da atividade antimicrobiana foi realizada para os testes de secagem em leito fluidizado (JLF), estufa com ventilação forçada de ar (JVF) e liofilizador (JL) e também com os 8 testes em leito fluidizado (JLF 1-8). Os resultados mostraram que houve maior suscetibilidade do fungo *C. albicans* frente ao extrato da casca da jabuticaba seca no liofilizador ( $9,33 \pm 0,26$  mm), porém o método de secagem JLF - 3 apresentou um valor do halo de inibição muito próximo ( $9,17 \pm 0,29$  mm), demonstrando que os dois métodos de secagem exerceram atividade frente a levedura.

Dentro da classificação de extratos vegetais, proposta por Moreira e colaboradores (2005), pode-se observar que os resultados frente a *C. albicans* da secagem 3 e do liofilizador apresentaram um halo classificado como sensível. Resultados semelhantes foram relatados por Fleck *et al.* (2020) que avaliaram o potencial antimicrobiano do extrato aquoso da casca da jabuticaba frente a vários micro-organismos, incluindo o fungo *C. albicans* e observaram que o extrato não exerceu atividade frente a levedura.

De acordo com os critérios de classificação de halos de inibição de crescimento microbiano, de Mothana e Lindequist (2005), os extratos foram moderadamente ativos frente a *C. albicans*. Diniz e colaboradores (2010) avaliaram o potencial antifúngico do extrato hidroalcolico da folha e do caule da jabuticabeira com método de secagem em estufa de circulação forçada a 40 °C em diferentes diluições (1:2 a 1:512) e relataram que o extrato exerceu atividade frente a *C. albicans* na diluição de 1:2 com halo de 14 mm.

Para a bactéria *E. coli* houve sensibilidade com o extrato cujo método de secagem foi a estufa de circulação forçada. Os diferentes padrões de secagem (2, 3, 4, 6, 7 e 8) demonstraram halos com valores muito parecidos, os padrões 1 e 5 bem como o método de secagem no leito e liofilizador não foram ativos frente a bactéria. Oliveira (2016) avaliou a ação antimicrobiana do extrato etanólico e metanólico da casca da jabuticaba pelo método da determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) frente a diferentes micro-organismos e relatou que os mesmos não apresentaram inibição do crescimento da bactéria *E. coli*. Para *S. aureus* o valor da CIM foi de  $31,25 \mu\text{g/mL}^{-1}$  com o extrato etanólico, valores estes diferentes dos obtidos neste estudo que apresentou maior susceptibilidade no padrão de secagem 2 ( $8,33 \pm 1,07$  mm), para os padrões 3, 4, 5, 7 e 8 houve baixa susceptibilidade bem como na secagem no liofilizador e leito. Nos padrões 1 e 6 e também na secagem em estufa não houve atividade frente a bactéria (Figura 5 e Tabela 3).



**Figura 5 - Atividade antimicrobiana dos extratos da casca da jaboticaba frente aos microrganismos *S. aureus*, *E. coli* e *C. albicans*. Para os pós obtidos nos 8 experimentos de secagem em leito fluidizado e para as secagens em estufa e em liofilizador.**

**Tabela 3 - Valores de IC<sub>50</sub> determinados a partir das curvas dose-resposta com DPPH, para os experimentos de secagem em leito fluidizado (JLF), em estufa (JVF) e em liofilizador (JL).**

Extrato	<i>S. aureus</i> / mm	<i>E. coli</i> / mm	<i>C. albicans</i> / mm
JLF - 1	ND	ND	7,75 ± 0,42
JLF - 2	8,33 ± 1,07	7,33 ± 0,24	7,83 ± 0,61
JLF - 3	7,47 ± 0,18	7,08 ± 0,12	9,17 ± 0,29
JLF - 4	7,35 ± 0,23	7,67 ± 0,01	8,42 ± 0,38
JLF - 5	7,41 ± 0,13	ND	7,33 ± 0,29
JLF - 6	ND	7,15 ± 0,68	7,00 ± 0,45
JLF - 7	7,54 ± 0,46	7,17 ± 0,01	7,58 ± 0,38
JLF - 8	7,43 ± 0,01	7,75 ± 0,82	8,17 ± 0,41
JL	7,68 ± 0,01	ND	9,33 ± 0,26
JLF	7,61 ± 0,18	ND	8,08 ± 0,42
JVF	ND	8,88 ± 0,16	7,75 ± 0,20
Controle	22,81 ± 0,31	20,37 ± 0,42	ND

Araújo (2017) avaliou o potencial antimicrobiano pelo método de difusão em discos do extrato das cascas da jabuticaba *in natura* e das cascas submetidas à secagem em estufa a 40 °C e relataram que o extrato da casca da jabuticaba seca em estufa produziu halos de inibição superiores ao extrato da casca *in natura*, frente à *S. aureus* (13,5±0,5 mm) e *E. coli* (10,0±0,3 mm), concluindo assim, que os compostos antimicrobianos presentes no extrato da casca da jabuticaba mantêm sua capacidade elevada mesmo após o processo de secagem.

Já Araújo (2011) avaliou os compostos químicos presentes no extrato etanólico da farinha da casca da jabuticaba submetida a secagem em estufa a 40 °C e identificaram elevados teores de flavonoides e antocianinas. Oliveira (2016), relacionou a ação antimicrobiana de extratos a presença dos flavonoides em sua composição que apresentam a habilidade de inativar enzimas e ligarem-se a proteínas extracelulares, proteínas solúveis e com a parede celular de bactérias, configurando assim, os prováveis mecanismos de ação antimicrobiana.

A avaliação da atividade antioxidante foi realizada para os testes de secagem em leito fluidizado, estufa com ventilação forçada de ar e liofilizador e também com os 8 testes em leito fluidizado. Para as secagens em leito, estufa e liofilizador o melhor resultado foi observado para a secagem em liofilizador, com IC<sub>50</sub> (concentração que inibe a proliferação de culturas celulares em 50%) igual a 31,00 µg mL<sup>-1</sup>, apresentando uma alta atividade antioxidante em relação ao padrão vitamina C. Em seguida o segundo melhor resultado foi observado para a secagem em leito com IC<sub>50</sub> igual a 42,3 µg mL<sup>-1</sup> apresentando também uma alta atividade antioxidante e em estufa com IC<sub>50</sub> igual a 93,1 µg mL<sup>-1</sup> com uma atividade antioxidante moderada.

Em relação aos experimentos em leito fluidizado, os experimentos 2, 8, 6 e 3 apresentaram uma alta atividade antioxidante com valores de IC<sub>50</sub> de 29,7, 43,4, 45,6 e 54,1 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente. Os experimentos 7 e 1 também apresentaram uma alta atividade antioxidante em relação ao padrão vitamina C, como valores de IC<sub>50</sub> igual 71,1 e 74,7 µg mL<sup>-1</sup> respectivamente. Os experimentos 4 e 5 apresentaram uma baixa atividade antioxidante com valores de IC<sub>50</sub> de 90,7 µg mL<sup>-1</sup>, e 108,7 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4).

. Pela análise de todos os dados, foi possível verificar que os parâmetros de secagem em leite fluidizado alteraram significativamente a atividade antioxidante, porém não influenciaram efetivamente a atividade antimicrobiana. Das condições analisadas de maneira global a eficiência do processo de secagem em conjunto com as propriedades do produto final, os processos de secagem em liofilizador e no leite fluidizado sob vazão volumétrica de 600 m<sup>3</sup>/h e 25°C se mostraram as melhores condições de secagem para a finalidade de preservação das substâncias bioativas antioxidantes

**Tabela 4. Valores de IC50 determinados a partir das curvas dose-resposta com DPPH.**

Experimento	IC50 / mg mL <sup>-1</sup>
JLF - 1	74,7 ± 6,9
JLF - 2	29,7 ± 5,3
JLF - 3	54,1 ± 1,0
JLF - 4	90,7 ± 11,3
JLF - 5	43,4 ± 2,9
JLF - 6	45,6 ± 5,4
JLF - 7	71,1 ± 7,0
JLF - 8	108,7 ± 10,7
<b>JL</b>	31,0 ± 5,9
JLF	42,3 ± 3,9
JVF	93,1 ± 2,3
Vitamina C	74,1 ± 12,8

#### 4. Conclusão

Os diferentes métodos de secagem aplicados na casca da jabuticaba exerceram forte influência sobre o teor de compostos bioativos. Pela análise de todos os dados, foi possível verificar que os parâmetros de secagem em leite fluidizado alteraram significativamente a atividade antioxidante, porém não influenciaram efetivamente a atividade antimicrobiana frente aos microrganismos *S. aureus*, *E. coli* e *C. albicans*.

Das condições analisadas de maneira global a eficiência do processo de secagem em conjunto com as propriedades do produto final, os processos de secagem em liofilizador e no leite fluidizado sob vazão volumétrica de 600 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e 25 °C se mostraram as melhores condições de secagem para a finalidade de preservação das substâncias.

Por fim, considerando-se tais aspectos, observou-se que o método mais efetivo para produção em larga escala com viabilidade técnica e econômica seria o método de secagem por leite fluidizado, pois o mesmo é mais rápido e pode obter um pó com melhores características para o processamento

e desenvolvimento de fórmulas sólidas em comprimidos, além de se destacar como uma técnica viável para a geração de valor da casca da jaboticaba, um subproduto que possui potencial de aplicação na indústria farmacêutica na composição de nutracêuticos, como revestimentos e na produção de formulações de comprimidos, no enchimento de cápsulas e podendo ser comercializados pó in natura sendo uma opção de antioxidante natural.

## Referências

- Almeida, R. L., Santos, N. C., Pereira, T. dos S., Silva, V. M. de A., Cabral, M. B., Barros, E. R., ... Silva, L. R. I. (2020) Determination of bioactive compounds and physicochemical composition of jaboticaba bark flour obtained by convective drying and lyophilization. *Research, Society and Development*, 9(1), 1-18. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1876. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1876>. Acesso em: 28 sep. 2022.
- Amato, G. W., Carvalho, J. L. V., & Silveira, F. S. (2002). *Arroz parboilizado: Tecnologia Limpa, Produto Nobre*. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor.
- Araújo, C. R. R. (2011). *Composição química, potencial antioxidante e hipolipidêmico da farinha da casca de Myrciaria cauliflora (jaboticaba)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.
- Araújo, L.F. (2017). *Avaliação do potencial antioxidante, antimicrobiano e toxicológico do extrato da farinha da casca da jaboticaba (Plinia cauliflora)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.
- Arroteia, D. R., Barbalho, B. G., Cara, G. C., Risoléo, V., Santos, L. C., Testa, F. A. G., Condotta, R. (2017). Estudo do processo de secagem da linhaça em leite fluidizado e em leite de jorro. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 3(2), 215-224. DOI: <https://doi.org/10.18540/2446941603022017215>
- Aulton, M. E. (2005). *Delineamento de formas farmacêuticas*. Porto Alegre: Artmed.
- AOAC (2010). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg: AOAC International.
- 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 (1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Coelho, J. A. (2017). *Avaliação in vitro das atividades antioxidante, antimicrobiana e citotóxica de extratos orgânicos das cascas do fruto jaboticaba (Myrciaria cauliflora Berg)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil.
- Fleck, N., Oliveira, W. C., Veras, F. F., Brandelli, A., & Sant'Anna, V. (2020). Análise do potencial antimicrobiano de resíduo de jaboticaba. In: *Anais do 7º Simpósio de Segurança Alimentar*, Porto Alegre, Brasil.
- Garcia, L. G. C., Vendrusculo, F., Silva, F. A., Asquieri, E. R., & Damiani, C. (2020). Crystallized jaboticaba peel: a novel strategy for by-product industrialization. *Research, Society and Development*, 9(5), e27953158. DOI: 10.33448/rsd-v9i5.3158. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3158>. Acesso em: 28/09/2022.
- Hudzicki, J. (2009) Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. Washington: American Society for Microbiology, Disponível em: <https://asm.org/getattachment/2594ce26-bd44-47f6-8287-0657aa9185ad/Kirby-Bauer-Disk-DiffusionSusceptibility-Test-Protocol-pdf.pdf>. Acesso em: 28/11/2022.
- Lima, A. J. B., Corrêa, A. D., Alves, A. P. C., Abreu, C. M. P., & Barros, A. M. D. (2008). Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 58(4), 416-421. Disponível em: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222008000400015](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000400015). Acesso em: 11/07/2023.

- Moreira, M. R., Ponce, A. G., Valle, C. E., & Roura, S. I. (2005). Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. *LWT - Food Science and Technology*, 38(5), 565-570. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.012>
- Mothana, R. A. A., & Lindequist, U. (2005). Antimicrobial activity of some medicinal plants of the island Soqotra. *Journal of Ethnopharmacology*, 96(1/2), 177-181. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.09.006>
- Naves, L. de P., Corrêa, A. D., Abreu, C. M. P. de, & Santos, C. D. dos (2010). Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. *Food Science and Technology*, 30, 185–190. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500028>
- Nunes, J. S., Castro, D. S., Sousa, F. C., Silva, I. M. M., & Gouveia, J. P. G. (2014). Obtenção e caracterização físico-química de polpa de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) congelada. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 9(1), 234-237. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2715>. Acesso em: 11 jul. 2023.
- Oliveira, F. C. (2016). *Extratos da casca de jaboticaba: Compostos fenólicos e atividade antibacteriana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
- Reynertson, K.A., Wallace, A. M., Adachi, S., Gil, R. R., Yang, H., Basile, M. J., & D'Armiento J. (2006). Bioactive depsides and anthocyanins from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). *Journal of Natural Products*, 69, 1228-1230. <https://doi.org/10.1021/np0600999>
- Rocha, F. I. G. (2009). *Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa de do extrato de mirtilo (Vaccinium myrtillus) em pó*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.
- Silva, M. C., Souza, V. B. D., Thomazini, M., da Silva, E. R., Smaniotto, T., Carvalho, ... & M. I., Favaro-Trindade, C. S. (2014). Use of the jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) depulping residue to produce a natural pigment powder with functional properties. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 203-209. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.026>
- Silva, M. P. S. L., Souza, F. S., Nunes, T. P., & Junior, A. M. O. (2015). Prospecção tecnológica da jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). In: VIII Encontro Nordestino de Etnobiologia e Etnoecologia, Aracaju, Brasil.
- Stefanello M. E. A., Pascoal A. C. R. F., & Salvador M. J. (2011). Essential oils from neotropical Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. *Chemistry & Biodiversity*, 8(1), 73-94. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000098>