

**Aplicação da desidratação osmoconvectiva para o aproveitamento tecnológico da casca de banana**

**Application of osmoconvective dehydration for the technological use of banana bark**

**Aplicación de la deshidratación osmoconvectiva para el uso tecnológico de la corteza de banano**

Recebido: 07/10/2019 | Revisado: 10/10/2019 | Aceito: 14/10/2019 | Publicado: 15/10/2019

**Josinaldo Ferreira da Silva Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4607-9944>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [juniorfsilvajr@gmail.com](mailto:juniorfsilvajr@gmail.com)

**Ângela Maria Santiago**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7108-6890>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [angelamariasantiago@gmail.com](mailto:angelamariasantiago@gmail.com)

**Pablícia Oliveira Galdino**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6996-0550>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [pabliciaog@hotmail.com](mailto:pabliciaog@hotmail.com)

**Newton Carlos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-2503>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [newtonquimicoindustrial@gmail.com](mailto:newtonquimicoindustrial@gmail.com)

**Sâmela Leal Barros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2047-4636>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [samelaleal7@gmail.com](mailto:samelaleal7@gmail.com)

**Wanda Izabel Monteiro de Lima Marsiglia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1137-576X>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [wandaequepb@gmail.com](mailto:wandaequepb@gmail.com)

**Raphael Lucas Jacinto Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7232-2373>

## Resumo

O presente estudo tem como objetivo realizar a desidratação osmoconvectiva das cascas de banana e avaliar a influência das variáveis (concentração de sacarose e temperatura) no processo. As cascas *in natura* e desidratadas (condição otimizada) foram caracterizadas quanto aos parâmetros: pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água e sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e atividade de água ( $A_w$ ). Foi realizado um planejamento fatorial  $2^2+3$  pontos centrais para avaliar o efeito das variáveis de entrada: concentração de sacarose variando entre 40 e 60 °Brix e temperatura entre 40 e 60 °C, sobre as variáveis de resposta: perda de água e de massa, e ganho de sólidos nas cascas das bananas. As cascas de banana utilizadas nos experimentos apresentaram alto conteúdo de água e quantidades razoáveis de carboidratos e cinzas. A condição que apresentou maior redução no teor de água e maiores ganhos de sólidos foi utilizando a temperatura de 60 °C e 60 °Brix, sendo considerada a otimizada. O processo de desidratação osmoconvectiva ocasionou uma maior incorporação de sólidos solúveis totais e maiores percentuais de sólidos totais as cascas.

**Palavras-chave:** *Musa ssp*; Resíduos; Secagem.

## Abstract

The present study aims to perform osmoconvective dehydration of banana peels and to evaluate the influence of the variables (sucrose concentration and temperature) on the process. Fresh and dehydrated peels (optimized condition) were characterized according to the parameters: pH, total titratable acidity (ATT), total soluble solids (SST), SST/ATT ratio, water and total solids content, ashes, ascorbic acid, sugars. reducers, color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) and water activity ( $A_w$ ). A  $2^2 + 3$  central point factorial design was performed to evaluate the effect of the input variables: sucrose concentration ranging from 40 to 60 °Brix and temperature from 40 to 60 °C on the response variables: water and mass loss, and solids gain in banana peels. The banana peels used in the experiments presented high water content and reasonable amounts of carbohydrates and ashes. The condition that presented the greatest reduction in water content and higher solids gains was using the temperature of 60 °C and 60 °Brix, being considered the optimized one. The osmoconvective dehydration process caused a greater incorporation of total soluble solids and higher percentages of total solids in the shells.

**Keywords:** Drying; Musa ssp; Waste.

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo realizar la deshidratación osmoconvectiva de las cáscaras de plátano y evaluar la influencia de las variables (concentración y temperatura de sacarosa) en el proceso. En la naturaleza y las cortezas deshidratadas (condición optimizada) se caracterizaron según los parámetros: pH, acidez titulable total (ATT), sólidos solubles totales (SST), relación SST/ATT, contenido de agua y sólidos totales, cenizas, ácido ascórbico, azúcares. reductores, color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) y actividad del agua ( $A_w$ ). Se realizó un diseño factorial de punto central  $2^2 + 3$  para evaluar el efecto de las variables de entrada: concentración de sacarosa que varía de 40 a 60 ° Brix y temperatura de 40 a 60 °C en las variables de respuesta: pérdida de agua y masa, y la ganancia de sólidos en las cáscaras de plátano. Las cáscaras de plátano utilizadas en los experimentos presentaron un alto contenido de agua y cantidades razonables de carbohidratos y cenizas. La condición que presentó la mayor reducción en el contenido de agua y mayores ganancias de sólidos fue usar la temperatura de 60 °C y 60 °Brix, siendo considerada la optimizada. El proceso de deshidratación osmoconvectiva provocó una mayor incorporación de sólidos solubles totales y porcentajes más altos de sólidos totales en los depósitos.

**Palabras clave:** Musa ssp; Residuos; Secado.

## 1. Introdução

A banana (*Musa ssp.*) é uma das frutas tropicais e subtropicais mais populares e consumida em todo o mundo devido ao seu alto valor nutricional (Chen et al., 2019). A grande demanda de bananas no mercado fruticultor gera grandes quantidades de resíduos, no qual a sua casca contribui com 35% do peso total da fruta e é geralmente descartada de maneira inadequada. Esse material é rico em fibras dietéticas e compostos fenólicos, o que os torna promissores para uma variedade de aplicações nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (Vu et al., 2019).

Segundo Sulistyawati et al. (2018), a aplicação da desidratação osmótica em resíduos agroindustriais consiste em uma excelente alternativa para agregar maior valor a estes resíduos. Sendo assim, o processamento das cascas de banana além de possibilitar a produção de um alimento com alto valor agregado, proporciona a minimização de um problema ambiental que é o descarte destes resíduos (Panesar et al., 2016).

Segundo Papazoglou & Katsanidis (2019) a desidratação osmótica é um processo que consiste na remoção de água e incorporação de sólidos nos alimentos, proporcionando o aumento da vida de prateleira dos produtos e melhoria de atributos funcionais e sensoriais como sabor, aroma e textura. O processo de transferência de massa ocorre devido a inserção do produto em uma solução hipertônica e o gradiente da pressão osmótica entre o produto e a solução é a força motriz necessária para a remoção de água, influenciada também pela permeabilidade da membrana (Bozkir et al., 2019; Rahman et al., 2019).

Diante do exposto, pesquisas voltadas para o aproveitamento de resíduos gerados no processamento da banana, em especial as cascas, são fundamentais tanto do ponto de vista ambiental quanto para a geração e agregação de valor destas, transformando-as em produtos alimentícios seguros. O presente estudo tem como objetivo realizar a desidrataação osmoconvectiva das cascas de banana e avaliar a influência das variáveis (concentração de sacarose e temperatura) no processo.

## **2. Metodologia**

As cascas de banana prata foram provenientes de frutas selecionadas pela sua qualidade aparente: cor amarela e sem pontos pretos, obtidas na feira livre da cidade de Campina Grande, Paraíba. As frutas foram submetidas a uma lavagem inicial para remoção de resíduos agregados as cascas, em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio 50 ppm por 5 minutos objetivando reduzir a carga microbiana da superfície e por fim foram lavadas novamente com água de abastecimento para remover o excesso dessa solução.

As frutas selecionadas, após o processo de sanitização, foram cuidadosamente descascadas com o auxílio de uma faca de aço inoxidável. As cascas foram cortadas com dimensionamento de 0,5 x 3 cm e imediatamente submetidas ao pré-tratamento de branqueamento.

### ***Aplicação do branqueamento***

As cascas cortadas foram submetidas ao branqueamento por imersão e a vapor, nos quais as fatias foram imersas em água em ebulição, e a vapor em um recipiente metálico no qual as amostras foram adicionadas. Cada processo foi realizado durante 2, 3 e 4 minutos, seguido de um resfriamento em água a temperatura de  $\pm 10$  °C para evitar a ação prolongada de calor. O teste da enzima peroxidase foi realizado para avaliar a eficiência do

branqueamento, utilizando solução de guaiaco e peróxido de hidrogênio sobre as amostras tratadas. O tratamento por imersão utilizando maior tempo mostrou-se mais eficaz.

### *Planejamento experimental fatorial para desidratação osmótica*

Foi realizado um planejamento experimental  $2^2$  com 3 repetições no ponto central, totalizando 7 ensaios (Tabela 1) para avaliar a influência e o comportamento experimental das variáveis independentes (variáveis de entrada), concentração de sacarose e temperatura, sobre as variáveis respostas (dependentes), perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS) na desidratação osmótica.

O efeito das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes foi avaliado mediante análise estatística, utilizando-se o programa computacional Statistica® versão 11.0.

**Tabela 1** - Matriz de planejamento para desidratação osmoconvectiva das cascas de banana, com suas respectivas variáveis independentes e seus níveis reais e codificados.

Ensaio	Variáveis independentes	
	Concentração de sacarose (°Brix)	Temperatura (°C)
1	-1 (40)	-1 (40)
2	+1 (60)	-1 (40)
3	-1 (40)	+ (60)
4	+1 (60)	+ (60)
5	0 (50)	0 (50)
6	0 (50)	0 (50)
7	0 (50)	0 (50)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Através da Tabela 1, é possível observar a matriz de planejamento, com suas respectivas variáveis independentes e seus níveis reais e codificados.

### ***Desidratação osmótica (DO)***

As soluções desidratantes de sacarose de concentração 40, 50 e 60 °Brix foram preparadas utilizando sacarose comercial e água destilada. Todo o processo de desidratação ocorreu em estufa com circulação de ar. Para proceder a desidratação cada ensaio foi realizado em batelada em recipiente de plástico de polietileno contendo 100 g de cascas de banana, fatiadas e branqueadas, submetidas a cada uma das condições específicas de temperaturas e concentração de sacarose, conforme proposto anteriormente nos ensaios do planejamento fatorial. A solução de sacarose foi mantida em banho-maria até atingir a temperatura de processo, só então foi adicionada ao recipiente contendo as amostras até completa imersão das fatias.

A massa e o teor de água das cascas de banana foram determinados periodicamente em intervalos de 15 minutos, até o término da desidratação osmótica, com 240 minutos (4h), tempo verificado em que as amostras atingiram o equilíbrio osmótico, não havendo mais variação da massa. Para cada experimento do planejamento foi realizado o cálculo da perda de massa e do teor de água, segundo a metodologia descrita em Brasil (2008).

A perda de massa (PM), a perda de água (PA) e o ganho de sólidos (GS), foram calculados através das Equações (1, 2 e 3), respectivamente.

$$PM(\%) = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$PA(\%) = \frac{(Ma_0 - Ma_t)}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

$$GS(\%) = PA(\%) - PM(\%) \quad (3)$$

onde:  $M_0$  - massa inicial do produto (g);  $M_t$  - massa do produto a um tempo  $t$  (g);  $Ma_0$  - teor de água no produto (g); e  $Ma_t$  - teor de água no produto a um tempo  $t$  (g).

### ***Caracterização física e físico-química da casca da banana***

As cascas de banana *in natura* e após a desidratação osmótica (na condição otimizada) foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros: acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água, sólidos totais e cinzas segundo a metodologia descrita por BRASIL (2008). O pH foi determinado pelo método potenciométrico. O ácido ascórbico (vitamina C) foi determinado pela metodologia descrita por BENASSI e ANTUNES (1998), e, os açúcares redutores foram determinados pela metodologia descrita por Miller (1959). A atividade de água foi determinada diretamente em equipamento Aqualab 3TE, da Decagon Devices a 25 °C. Os parâmetros de cor foram determinados utilizando-se o espectrofotômetro Mini Scan Hunter Lab XE Plus (Reston, VA, EUA), no sistema de cor Cielab. O qual permitiu a obtenção dos parâmetros: L\* (luminosidade); a\* (transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*)); e b\* (transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*)).

### 3. Resultados

Na Tabela 2, encontram-se os resultados da caracterização físico-química da casca da banana *in natura*.

**Tabela 2** - Caracterização da casca de banana *in natura*.

Parâmetros	Média ± Desvio padrão
pH	5,53 ± 0,058
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5,75 ± 0,050
Relação SST/ATT	34,22 ± 1,818
Acidez total titulável (% ácido málico)	0,168 ± 0,008
Ácido ascórbico (mg/100g de amostra)	1,415 ± 0,004
Teor de água (% b.u <sup>1</sup> .)	84,56 ± 0,121
Cinzas (%)	1,71 ± 0,121
Sólidos Totais (%)	15,44 ± 0,017
Açúcares Redutores (g/100g)	4,23 ± 0,014
Atividade de água (A <sub>w</sub> )	0,966 ± 0,001
L*	56,09 ± 0,038
a*	7,44 ± 0,029
b*	40,45 ± 0,050

Nota: <sup>1</sup>base úmida. Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Através da Tabela 2 pode-se observar os parâmetros físico-químicos das cascas de banana *in natura*. O pH apresentou caráter não ácido, com valor médio de 5,53. O mesmo foi obtido por Castilho et al. (2014) para cascas de banana prata *in natura* no desenvolvimento de farinha do resíduo de bananas do tipo maçã e prata. Viana et al. (2017) obtiveram resultado levemente inferior com relação a este parâmetro (5,00) na banana da variedade Grande Nain. Os sólidos solúveis totais (°Brix) foi de 5,75 °Brix, muito abaixo do valor encontrado por Pádua et al. (2017) para a polpa da banana em torno de 18 °Brix.

A determinação da acidez total titulável (ATT) quantifica o teor de ácidos orgânicos presentes nos alimentos, sendo o ácido málico o que mais contribui para a variação da acidez em polpas e cascas de bananas. O valor médio encontrado para a ATT na casca *in natura* foi menor quando comparado aos obtidos por Leite et al. (2010), que variou entre 0,39 a 0,43%, para a polpa de banana da variedade pacovan em diferentes estabelecimentos de Mossoró (Rio Grande do Norte). Devido ao baixo teor de sólidos solúveis presentes na casca, a relação SST/ATT, que representa o teor de doçura e estado de maturação das frutas, apresentaram valores menores comparado com os obtidos na polpa da fruta, estudado pelo mesmo autor, que variaram entre 57,55 a 64,37.

As concentrações de ácido ascórbico ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) variam de acordo com o genótipo estudado. De acordo com a TACO (2011), as cascas de bananas apresentaram baixos teores da vitamina comparado com polpas de variedade prata (21,6), figo (17,5) e terra (15,7), e teor de ácido ascórbico considerável comparado ao presente na polpa de banana nanica, 5,9.

As amostras *in natura* apresentaram um alto teor de água, 84,56%, caracterizando a matéria prima como um produto perecível. Neris et al. (2018), ao determinarem o teor de água em casca de banana prata no estágio maduro de maturação, obtiveram resultados similares de 81,53%. Estes autores encontraram teores de cinzas entre 1,52 e 1,80% em duas unidades amostrais de cascas de banana corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa que foi de 1,71%.

A determinação de açúcares redutores apresentou um valor acima do obtido por Castilho et al. (2014) que foi de 2,94 (g/100g) para a casca de banana *in natura* da variedade prata. Este fato, provavelmente poderá ser atribuído ao estágio de maturação da fruta. Carvalho et al. (2011) trabalharam com a variedade *Thap Maeo* do subgrupo maçã em diferentes estágios de maturação e encontraram valores de açúcares redutores variando entre 0,71 a 6,01g/100g.

O valor da atividade de água ( $A_w$ ), 0,966 encontrado está abaixo do obtido na casca do fruto do mandacaru por Silva et al. (2019) que foi de 0,990.

Os parâmetros luminosidade ( $L^*$ ), intensidade do vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) determinados para a casca *in natura* foram 56,09, 7,44 e 40,45, que define fisicamente as características do fruto para o estágio de maturação escolhido, variando do amarelo-esverdeado para o amarelo. Analisando o parâmetro de cor ( $L^*$ ) em cascas de banana prata-anã, Astricini et al. (2015) verificaram valores de 59,34. Diferenças relacionadas a cor de frutas, podem ser atribuídas ao estágio de maturação e a variedade utilizada por estes autores.

Na Tabela 3 estão expressos os valores experimentais das variáveis dependentes, determinados por meio do planejamento fatorial  $2^2 + 3$ .

**Tabela 3** - Planejamento fatorial da desidratação osmótica em função da concentração de sacarose e temperatura.

Ensaio	PA (%)	PM (%)	GS (%)
1	31,26	28,79	2,46
2	50,63	44,00	6,63
3	42,15	36,82	5,33
4	56,91	50,74	6,17
5	48,55	42,94	5,60
6	49,36	43,52	5,84
7	48,96	43,25	5,71

Nota: PA: Perda de água; PM: Perda de massa; GS: Ganho de sólidos. Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Por meio da Tabela 3, verifica-se que nas condições utilizadas de concentração de sacarose e temperatura, verifica-se que os valores de perda de água (PA) e perda de massa (PM) variaram de 31,26 a 56,91%, e, 28,79 a 50,74%, respectivamente. De acordo com os dados tabelados é possível verificar que esses valores tendem a aumentar quando são utilizados os maiores valores para a combinação de concentração e temperatura. Desta forma, o ensaio 4, foi o experimento que ocorreu maiores variações em termos das variáveis de resposta, PA e PM, enquanto que o ensaio 1 foi o que apresentou os menores valores. O mesmo comportamento para perda de água foi verificado por Porto et al. (2014), na otimização da desidratação osmótica de uvas *Crimson* sem sementes.

O ganho de sólidos apresentou valores entre 2,46 a 6,63% e todos os ensaios, com exceção do experimento 1, expressaram valores acima de 5%, sendo os ensaios 2 e 4 os que alcançaram os maiores resultados, com 6,63 e 6,17% respectivamente. Analisando o planejamento fatorial observa-se que a concentração de sacarose é a variável que tem mais influência no aumento deste parâmetro. Do mesmo modo, Castro et al. (2018), durante o estudo do desenvolvimento e avaliação sensorial de goiaba-passa desidratada osmoticamente, observaram que os valores de ganhos de sólidos aumentavam com a elevação da temperatura e principalmente com a concentração de sacarose.

Na Tabela 4 é apresentado a análise de variância (ANOVA) aplicada a regressão dos dados das variáveis de resposta da desidratação osmótica: PA, PM e GS a um modelo linear e seus respectivos coeficientes de determinação  $R^2$

**Tabela 4** - Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para as variáveis de resposta.

Fonte de variação	Fcal	Ftab	Fcal/Ftab	$R^2$
Perda de água				
Regressão	15,40	9,28	1,66	93,90
Falta de ajuste	145,00	18,51	7,83	
Perda de massa				
Regressão	15,56	9,28	1,68	93,96
Falta de ajuste	202,00	18,51	10,91	
Ganho de sólidos				
Regressão	17,97	9,28	1,94	94,73
Falta de ajuste	38,00	18,51	2,05	

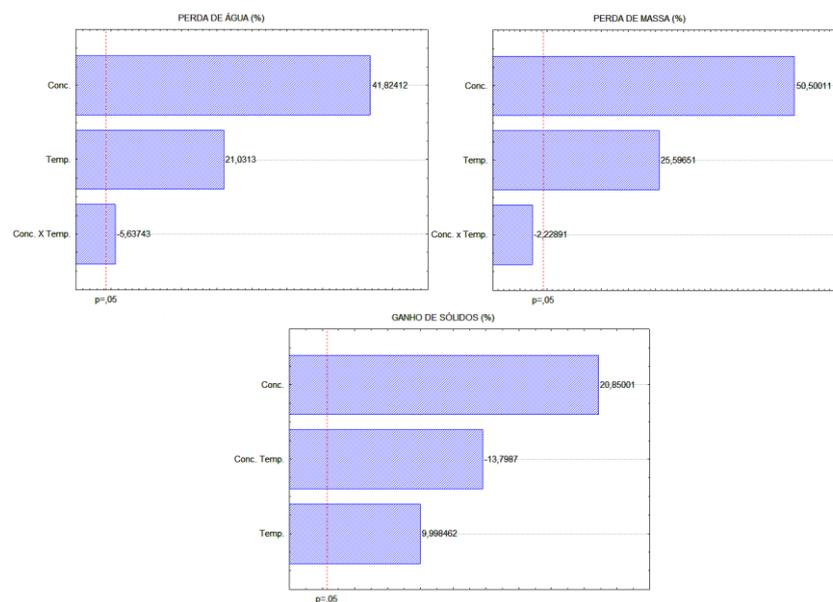
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Observa-se a significância da regressão e a falta de ajuste a 95% de confiança, pelo teste F, fato coerente com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que em todos apresentaram valores acima de 90% se ajustando bem ao modelo matemático de regressão linear. Verifica-se que, para a regressão todas as variáveis independentes analisadas, o valor de Fc (F calculado) foi maior que o valor de Ft (F tabelado), logo, o modelo linear foi estatisticamente significativo. O modelo de regressão foi estatisticamente preditivo para todas as variáveis de

resposta, apresentando razão  $F_c/F_t < 4$ . A falta de ajuste foi significativa para todas as variáveis independentes e apenas a variável ganho de sólidos foi preditiva estatisticamente.

Na Figura 1 estão os diagramas de Pareto gerados a partir do planejamento fatorial, que expressam visualmente a interação das variáveis dependentes sobre as independentes, de acordo com sua significância e regressão, durante a desidratação osmótica. A magnitude dos efeitos é representada por barras dispostas horizontalmente e sua significância estatística, a nível de 95% de confiança, pela linha tracejada perpendicular as barras ( $p = 0,05$ ).

**Figura 1** - Diagramas de Pareto para a perda de água, perda de massa e ganho de sólidos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Através dos diagramas de Pareto (Figura 1), observa-se que a perda de massa foi o único dos parâmetros observados que não sofreu influência da interação entre as duas variáveis independentes. A concentração da solução e a temperatura foram os fatores que mais influenciaram estatisticamente na desidratação das cascas de banana, com efeitos positivos a 95% de confiança. Silva et al. (2017) ao realizarem a desidratação osmótica de polpa de pequi, verificaram que a concentração da solução de sacarose foi a variável que mais influenciou na perda de massa do produto.

Verifica-se que o aumento dos parâmetros perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS), apresentaram o mesmo comportamento, sendo influenciados significativamente pelo aumento dos valores das variáveis de entrada, concentração de

sacarose e temperatura, fator significativo acima de 95% de confiança, tendo a concentração da solução desidratante o fator que mais influenciou o aumento dos valores destes parâmetros observados. Silva et al. (2015a) também observaram que a concentração de sacarose e temperatura foram os fatores mais eficazes na perda de água durante desidratação osmótica do fruto da cagaita (*Eugenia dysenterica*).

No diagrama de Pareto para ganho de sólidos, observa-se que a regressão dos fatores foi significativa a 95% de confiança, sendo a concentração de sacarose o parâmetro de maior influência sobre o aumento desta variável durante a desidratação osmótica, seguido da interação entre as variáveis e da temperatura. Os dados avaliados corroboram com o estudo realizado por Castro et al. (2018), que também observaram que a concentração de sacarose foi a variável de maior influência na incorporação de sólidos nas furtas.

A Tabela 5 exibe as equações dos modelos lineares para as variáveis de respostas, obtidos durante a desidratação osmótica para as fatias de casca de banana, nas diversas condições de concentração de sacarose (X) e temperatura (Y).

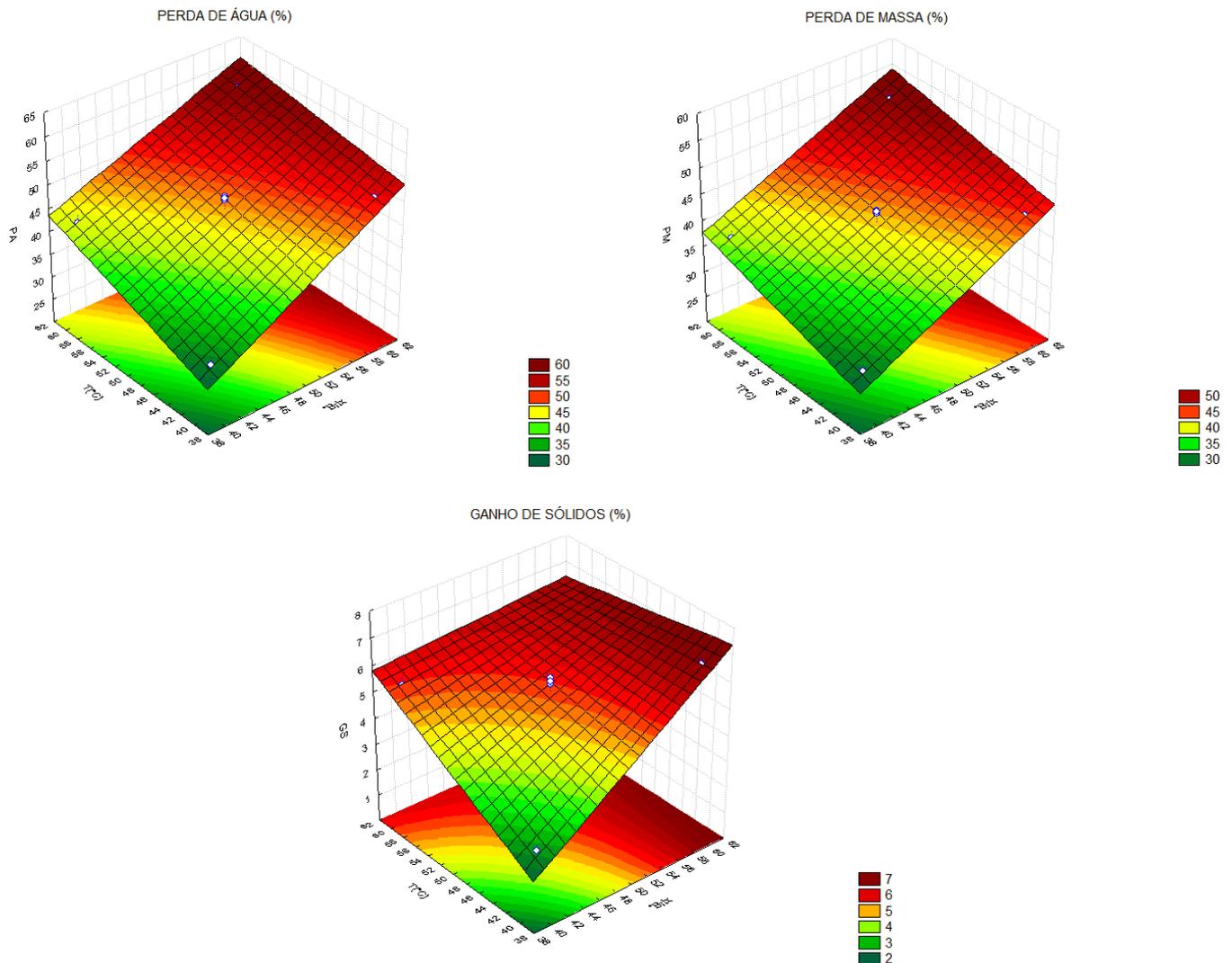
**Tabela 5** - Modelos matemáticos da regressão linear para as variáveis de resposta.

Variáveis	Modelo estimado
PA	$Z(X,Y) = 1,4295X + 1,0055Y - 0,0115XY - 46,1061$
PM	$Z(X,Y) = 0,8895X + 0,5305Y - 0,0032XY - 21,5004$
GS	$Z(X,Y) = 0,5415X + 0,4765Y - 0,0083XY - 24,6961$

Nota: X: concentração de sacarose (°Brix); Y: temperatura (°C). Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A partir destes coeficientes os gráficos das superfícies de respostas (Figura 2) foram gerados e analisados.

**Figura 2** - Superfícies de resposta para as variáveis perda de água, perda de massa e ganho de sólidos das cascas de banana, em função da concentração de sacarose e temperatura da solução osmótica



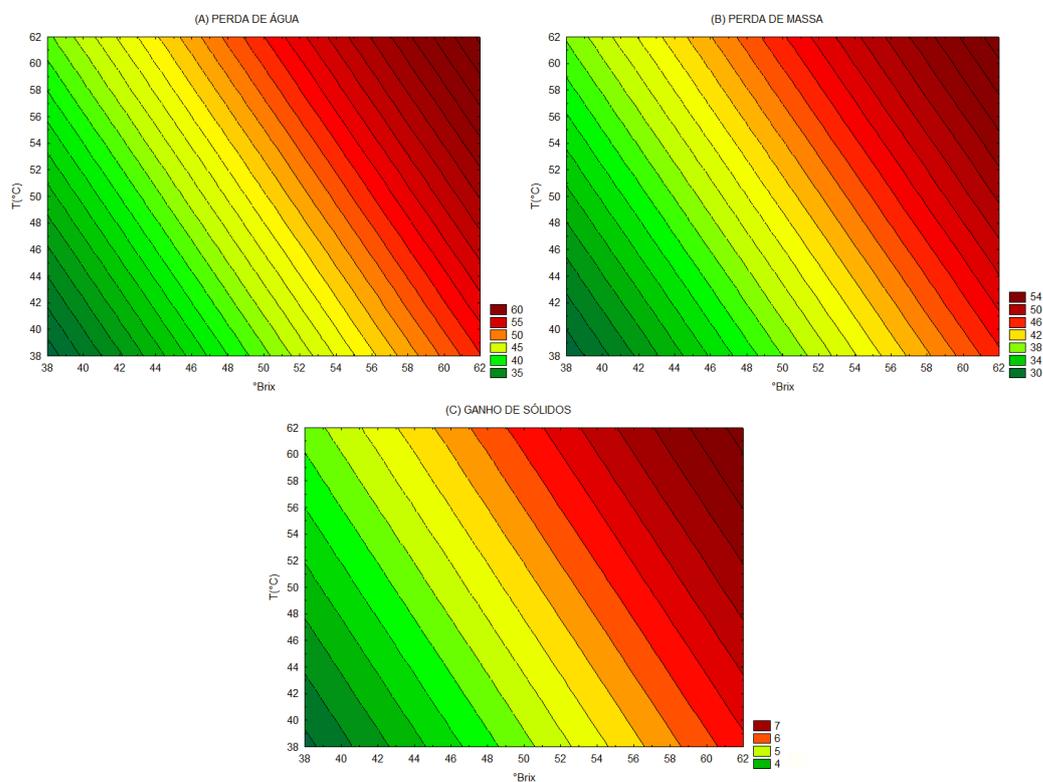
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Estão representados na Figura 2, as superfícies de respostas obtidas para as variáveis perdas de água, de massa e ganho de sólidos para a desidratação osmótica das fatias de cascas de banana que apresentaram modelos estatisticamente significativos ( $F_c \geq F_{tab}$ ).

De acordo com os dados avaliados no planejamento fatorial  $2^2$ , a concentração de sacarose e a temperatura no processo influenciaram significativamente as variáveis de resposta na desidratação osmótica das cascas de banana. Foi verificado que o aumento destes fatores aumenta a perda de massa e de água no sistema, e, conseqüentemente, reduzem a atividade de água das amostras. Durante os ensaios experimentais percebeu-se que em 240 minutos de processo houve perda significativa de água com maior agregação de sólidos nas amostras.

A Figura 3 apresenta região otimizada do planejamento fatorial nas superfícies de contorno das variáveis de resposta, perda de água, perda de massa e ganho de sólidos, identificada pela região superior direita, de coloração mais escura, onde as variáveis de entrada concentração (°Brix) e temperatura (°C) são mais intensas. Levando em consideração os efeitos observados durante a desidratação osmótica das cascas de banana, e, tendo em vista o objetivo principal do alimento que é aumentar sua vida de prateleira, foi definido que o ensaio 4 (60 °Brix e 60 °C) seria a melhor condição do processo, pois apresentou maiores concentrações de sacarose e temperatura.

**Figura 3** - Curva de contorno das variáveis de respostas na região otimizada do planejamento.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Na Tabela 6 estão expressos os resultados médios e os desvios dos parâmetros físico-químicos das cascas de banana desidratadas na melhor condição da desidratação osmótica (condição “otimizada”).

**Tabela 6** - Caracterização da casca de banana desidratadas na melhor condição da desidratação osmótica.

Parâmetros	Média ± Desvio padrão
pH	5,27 ± 0,058
Sólidos solúveis totais (°Brix)	16,05 ± 0,050
Relação SST/ATT	44,95 ± 0,050
Acidez total titulável (% ácido málico)	0,357 ± 0,027
Ácido ascórbico (mg/100g de amostra)	1,395 ± 0,089
Teor de água (%b.u <sup>1</sup> .)	43,14 ± 0,031
Cinzas (%)	1,02 ± 0,015
Sólidos Totais (%)	56,86 ± 0,031
Açúcares Redutores (g/100g)	6,38 ± 0,165
Atividade de água (A <sub>w</sub> )	0,927 ± 0,001
L*	49,22 ± 0,095
a*	6,03 ± 0,023
b*	24,67 ± 0,044

Nota: <sup>1</sup>base úmida. Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Após o processo de desidratação osmótica observa-se um decréscimo no valor médio obtido para o pH com relação as cascas de banana *in natura*, 5,53 a 5,27 e um aumento no teor da acidez em termos de ácido málico, de 0,168 a 0,357%. O mesmo comportamento foi verificado por Aragão et al. (2017) ao monitorar o pH na desidratação osmótica de fatias de mangas da variedade espada.

Conforme o esperado ocorreu um aumento do teor de sólidos solúveis ao longo do processo devido a incorporação de sólidos. Houve um aumento da acidez nas fatias das cascas de banana, logo a razão SST/ATT gerou resultados maiores quando comparados com os obtidos nas cascas *in natura*.

O teor de ácido ascórbico variou entre 1,415 e 1,395 mg.100g<sup>-1</sup>. Esta redução ocorreu devido à instabilidade do composto, que se oxida facilmente em contato com o oxigênio e se degrada com o aumento da temperatura. A redução no teor de ácido ascórbico nas cascas de banana não foi tão significativa comparado ao estudo do efeito das condições de desidratação osmótica em passas de araçá-pêra realizado por Paglarini et al. (2015), que constatarem uma perda de 87,3% nas condições de 50 °Brix e 60 °C.

Analisando os valores de teor de água e atividade de água obtidos ao final do processo, verifica-se a redução de uma porção considerável no teor de água das amostras, de 84,56 a 43,14%, e desta maneira alterando significativamente a atividade de água de 0,966 para 0,927. Silva et al. (2015) obtiveram resultados similares de atividade de água quando utilizaram palma forrageira (*Opuntia ficus-indica Mill*), nas mesmas condições estudadas (60 °Brix e 60 °C), de 0,991 para as amostras *in natura* e aproximadamente 0,720 após a desidratação osmótica.

Os sólidos totais variaram de 15,44 a 56,86%, para as amostras sem e com tratamento osmótico. Como consequência da redução no teor de água houve maior agregação de nutrientes possibilitando maiores quantidades de sólidos. As amostras desidratadas apresentaram teor de cinzas menores que os valores determinados *in natura*. Conforme constatado por Queiroz et al. (2008), esta redução deve-se a solubilidade dos minerais presentes na amostra com a solução desidratante.

Comparando os parâmetros de cor iniciais com os determinados para as fatias da casca de banana osmo-desidratadas, observa-se a redução nos atributos de luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ). É válido salientar que mesmo com o tratamento térmico de inativação enzimática as fatias escureceram após o processo, em termos de luminosidade, de 56,09 para 49,22, na intensidade de vermelho, com valores médios de 7,44 a 6,03, e uma redução na intensidade de amarelo de 40,45 a 24,67.

#### **4. Considerações finais**

As cascas de banana utilizadas nos experimentos apresentaram alto conteúdo de água e quantidades razoáveis de carboidratos e cinzas. Dentro das condições em que os ensaios foram realizados, pode-se concluir que a concentração de sacarose e a temperatura apresentaram efeitos significativos no processo, sendo o ensaio 4 nas condições de concentração de sacarose 60 °Brix e temperatura de 60 °C, foi o que proporcionou maiores perdas de água e incorporação de sólidos. O processo de desidratação osmoconvectiva ocasionou uma maior incorporação de sólidos solúveis totais e maiores percentuais de sólidos totais as cascas.

Salienta-se como sugestões de trabalhos futuros uma maior relação de análises tanto na casca *in natura* como nas desidratadas nas diferentes temperaturas utilizadas com a finalidade de avaliar os efeitos da temperatura de secagem aplicada sobre seus constituintes nutricionais.

## Referências

Aragão, P. P., Loss, R. A., Silva, S. S., & Guedes, S. F. (2017). Avaliação do potencial de utilização de pré-tratamento osmótico na produção de manga desidratada. **Revista Destaques Acadêmicos**, 9(4), 1-13. Doi: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v9i4a2017.1671>

Astricini, A., Santos, L. O., Deliza, R., Coelho, E. F., & Rodrigues, M. G. V. (2015). Caracterização pós-colheita e sensorial de genótipos de bananeiras tipo prata. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(1), 27-37. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-058/14>

Benassi, M. D., & Aantunes, A. J. (1998). A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 31(4), 507-503.

Bozkir, H., Ergun, A. R., Serdar, E., Metin, G., & Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. **Ultrasonics Sonochemistry**, 54, 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.006>

Brasil, Instituto Adolfo Lutz. (2008). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (4th ed., Volume 1, p.1020). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Carvalho, A. V., Seccadio, L. L., Mourão Júnior, M., & Nascimento, W. M. O. (2011). Qualidade Pós-colheita de Cultivares de Bananeira do Grupo “Maçã”, na Região de Belém – PA. **Revista Brasil Fruticultura**, 33(4), 1095-1102.

Castilho, L. G., Alcântara, B. M., & Clemente, E. (2014). Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca *in natura* e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. **Revista E-xacta**, 7(2), 107-114. Doi: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i2.1353>

Castro, D. S., Silva, W. P., Gomes, J. P., Aires, J. E. F., Farias Aires, K. L. C. A., & Júnior, A. F. S. (2018). Desenvolvimento e avaliação sensorial de goiaba-passa desidratada osmoticamente. **Brazilian Journal of Food Technology**, 21, e2016013.

Chen, J., Li, F., Li, Y., Wang, Y., Wang, C., Yuan, D., & Jiang, Y. (2019). Exogenous procyanidin treatment delays senescence of harvested banana fruit by enhancing antioxidant responses and in vivo procyanidin content. **Postharvest Biology and Technology**, 158, 110999. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110999>

Leite, G. A., Medeiros, E. V., Mendonça, V., Moraes, P. L. D., Lima, L. M., & Xavier, I. F. (2010). Qualidade Pós-colheita da Banana 'Pacovan' Comercializada em Diferentes Estabelecimentos no Município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 5(3), 322-327.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, 31(3), 426-428.

Neris, T. M., Silva, S. S., Loss, R. A., Carvalho, J. W. P., & Guedes, S. F. (2018). Avaliação físico-química da casca de banana (*Musa spp.*) *in natura* e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, 4(1), 5-21.

Pádua, H. C., Silva, M. A. P., Souza, D. G., Moura, L. C., Plácido, G. R., Couto, G. V. L., & Caliar, M. (2017). Iogurte Sabor Banana (Musa AAB, Subgrupo Prata) Enriquecido com Farinha de Casca de Jabuticaba (*Myrciaria Jabuticaba* (Vell.) Berg.). **Global Science and Technology**, 10(1), 889-104.

Paglarini, C. S., Silva, F. S., Porto, A. G., Zela, S. P., Leite, A. L. M. P., & Furtado, G. F. Efeito das condições de desidratação osmótica na qualidade de passas de araçá-pêra. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 9(2), 1945-1961. Doi: 10.3895/rbta.v9n2.1961

Panesar, P. S., Kaur, R., Singla, G., & Sangwan, R. S. (2016). Bio-processing of agro-industrial wastes for production of food-grade enzymes: progress and prospects. **Applied Food Biotechnol**, 3(4), 208-227.

Papazoglou, D. D., & Katsanidi, E. (2019). Diffusion coefficients and volume changes of beef meat during osmotic dehydration in binary and ternary solutions. **Food and Bioprocess Processing**, 116, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.04.007>

Porto, M. A. L., Guerra, N. B., Vasconcelos, M. A. S., Siqueira, A. M. O., & Andrade, S. A. C. (2014). Otimização da Desidratação Osmótica de Uva Crimson *Seedless*. **Revista Ciência Agronômica**, 45(2), 249-256.

Queiroz, V. A. V., Berbert, P. A., Molina, M. A. B., Gravina, G. A., Queiroz, L. R., & Silva, J. A. (2008). Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão impregnação e secagem complementar por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 48(5), 756-770.

Rahaman, A., Zeng, X. A., Kumari, A., Rafiq, M., Siddegg, A., Manzoor, M. F., Baloch, Z., & Ahmed, Z. (2019). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. **Ultrasonics Sonochemistry**, 58, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104643>

Silva, C. D. M., Pires, C. R. F., Lima, J. P., Pereira, A. S., & Silva, C. A. (2015a). Desidratação osmótica para obtenção de cagaita passa. **Journal of Bioenergy and Food Science**, 2(4), 226-233. Doi:<http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v2i4.82>

Silva, C. D. M., Pires, C. R. F., Lima, J. P., Pereira, A. S., Silva, C. A. (2015). Desidratação osmótica para obtenção de cagaita passa. **Journal of Bioenergy and Food Science**, 2(4), 226-233.

Silva, D. F., Riguetto, C. V. T., Loss, R. A., Guedes, S. F., & Carvalho, J. W. P. (2017). Tratamento osmótico na obtenção de lascas da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) desidratadas. **Natural Resources**, 7(1), 1-8. Doi: <http://doi.org/10.6008/SPC2237-9290.2017.001.0001>

Silva, E. T., Silva, E. C. O., Gusmão, R. P., Lopes, J. D., & Gusmão, T. A. S. (2015b). Modelagem matemática da desidratação osmo-convectiva da palma forrageira (*Opuntia ficus-*

*indica Mill*) utilizando soluções mistas. **Revista Verde**, 10(4), 39-48. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3489>

Silva, S. N., Gomes, J. P., Santos, N. C., Matos, J. D. P., Moraes, M. S., Silva, R. M., Silva, P. B., Luiz, M. R., Queiroz, A. J. M., Silva, W. P., & Silva, V. M. A. (2019). Physicochemical and colorimetric composition of mandacaru fruit pulp at different maturation stages. **Sylwan**, 163(4), 282-291.

Sulistyawati, I., Dekker, M., Fogliano, V., & Verkerk, R. (2018). Osmotic dehydration of mango: Effect of vacuum impregnation, high pressure, pectin methylesterase and ripeness on quality. **Food Science and Technology**, 98, 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.032>

Taco. (2011). **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4ed. Revisada e ampliada. Campinas, SP: Unicamp.

Viana, E. S., Reis, R. C., Sena, L. O., Santos Júnior, M. B., & Silva, P. N. R. (2017). Produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e avaliação da qualidade físico-química e sensorial. **Boletim CEPPA**, 35(1), 1-10.

Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2019). Changes of phytochemicals and antioxidant capacity of banana peel during the ripening process; with and without ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, 253, 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.043>

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Josinaldo Ferreira da Silva Júnior – 14,29%

Ângela Maria Santiago – 14,29%

Pablícia Oliveira Galdino – 14,29%

Newton Carlos Santos – 14,29%

Sâmela Leal Barros – 14,28%

Wanda Izabel Monteiro de Lima Marsiglia – 14,28%

Raphael Lucas Jacinto Almeida – 14,28%