

# ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DA BATATA DOCE (*Ipomoea batatas*)

*Study of osmotic dehydration of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*)*

## Resumo:

O objetivo desse estudo foi determinar uma condição otimizada para a desidratação osmótica de fatias de batata doce utilizando soluções aquosas ternárias contendo sacarose e cloreto de sódio para as variáveis de operação: temperatura, tempo, concentração de solutos e de cloreto de sódio. As fatias foram colocadas em recipientes com as soluções desidratantes e acondicionados em uma incubadora com controle de agitação e temperatura. Foi utilizado um delineamento experimental estatístico fatorial do tipo 24 para as variáveis de operação, cujos parâmetros de avaliação foram a Perda de massa, Perda de umidade, Redução da atividade de água e duas Relações de desempenho adotadas para a operação. Os resultados demonstraram que as concentrações de soluto e de sal e a temperatura são as variáveis de operação mais significativas. Os valores médios da condição operacional são: 50 °C, 50% em peso de solutos, 8% em peso de sal e 140 min.

## Abstract:

The objective of this study was to determine an optimized condition for the osmotic dehydration of sweet potato slices using ternary aqueous solutions containing sucrose and sodium chloride for the operating variables: temperature, time, solutes and sodium chloride concentration. The slices were placed in containers with the dehydrating solutions and packed in an incubator with stirring and temperature control. A 24 - factorial experimental design was used for the operation variables, whose parameters were: Mass loss, Moisture loss, Reduction of water activity and two performance relationships adopted for the operation. The results demonstrated that solute and salt concentrations and temperature are the most significant operating variables. The mean values of the operating condition are: 50 °C, 50% by weight of solutes, 8% by weight of salt and 140 min.



**Thálita Cristyne de Oliveira Alves, Amanda Silva do Carmo, Pierre Corrêa Martins<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba  
E-mail: thalitaoliveir@gmail.com

Contato principal

**Thálita Cristyne de Oliveira Alves<sup>1</sup>**



**Palavras chave:** *Redução de umidade, tubérculos, delineamento estatístico.*

**Keywords:** *Reduction of moisture, tubers, statistical design*



## INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante produtor de batata-doce do continente latino-americano e a região Nordeste é responsável por 33% da produção nacional. Sua produção e consumo apresentam relevância social e econômica, proporcionando o abastecimento de calorias em populações de baixa renda (AZEVEDO, 2014; PAM, 2003).

A batata doce é muito perecível após a sua colheita devido à sua alta atividade de água. Assim, o produto in natura apresenta um curto tempo de prateleira para o uso adequado. A aplicação de técnicas de conservação nos tubérculos é extremamente importante para se obter um melhor e mais amplo rendimento produtivo dessa matéria-prima, diminuindo a sua considerável taxa de perda pós-colheita (JESUS, 2015).

A desidratação osmótica se baseia na eliminação incompleta da água pela submersão da matéria-prima em soluções hipertônicas de um ou mais solutos, tornando-se uma das técnicas mais antigas utilizadas na conservação de alimentos. Assim, pode ser adotada como uma importante operação para promover um aumento do tempo de prateleira da batata-doce in natura (RAOULT-WACK, 1994).

A literatura apresenta diversos estudos para o efeito dos parâmetros de operação da desidratação osmótica (tempo, agitação, concentração e tipo de solutos em soluções aquosas, temperatura, geometria e dimensões do material) em vegetais, principalmente frutas. Os pesquisadores verificaram que o gradiente de pressão osmótica é responsável pela difusão da água do alimento para a solução, sendo que maiores concentrações de solução resultam num aumento do gradiente de pressão osmótica e, conseqüentemente, maiores taxas de perda de água são obtidas (FERRARI et al., 2005).

Esse trabalho tem por objetivo a determinação de uma faixa de operação para as variáveis de controle (temperatura, concentração de soluto, tempo e agitação) da desidratação osmótica de fatias de batata-doce que apresentem os melhores valores para os seus parâmetros de avaliação (Perda de massa, Perda de umidade, Redução da atividade de água e Relações de desempenho adotadas para a operação).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) e os solutos desidratantes (sacarose = açúcar de cana-de-açúcar, cloreto de sódio = sal de cozinha) utilizados foram adquiridos no mercado varejista local de mesma procedência (produtor, fabricante/marca/especificação comercial, estabelecimento comercial) de João Pessoa-Paraíba no período de agosto a setembro de 2016.

Os ensaios de desidratação osmótica foram realizados em incubadora refrigerada de piso tipo *shaker* de bancada digital (modelo SL4900-TZH, marca Solab, Brasil). As amostras foram condicionadas em recipientes cilíndricos

de vidro de 250 mL, dotados de armações de tela de aço galvanizado que dividiam o seu volume interno ao meio, contendo as soluções osmóticas ternárias aquosas a diferentes concentrações de solutos (sacarose e sal). Os tubérculos foram lavados, descascados e recortados em fatias retangulares a dimensões constantes de 3 mm de espessura e área de 4,0 x 5,0 cm<sup>2</sup>. A determinação da massa das amostras foi realizada em balança analítica com quatro casas decimais de precisão (modelo SSR 600, da marca *Bel Engineering*, Brasil). A determinação da quantidade de sólidos solúveis foi determinada por um refratômetro de bancada (modelo Nova WYA-2S, marca *Nova Instruments*, Brasil). A atividade de água foi determinada por meio de analisador eletrônico de atividade de água *LabMaster* (modelo *LabMaster-aw*, marca *Novasina*, *Switzerland*). Os conteúdos de umidade e de sólidos totais do material foram determinados através do método gravimétrico em estufa a vácuo (marca Marconi, modelo MA030/12, Brasil) a 70°C, 100 mmHg até massa constante.

Para a determinação da condição ótima de operação foram realizados ensaios experimentais segundo um delineamento estatístico do tipo fatorial 2<sup>4</sup> rotacional, cuja matriz experimental está apresentada na Tabela 1, denominado de DCCR, conforme Rodrigues e Iemma (2005).

Tabela 1: Matriz experimental do DCCR para a desidratação osmótica de batata-doce.

Ensaio	Temperatura (°C)	Concentração de soluto, (%p/p)	Concentração de sal, (%p/p)	Tempo (min)
1	30	30	5	90
2	56	30	5	90
3	30	60	5	90
4	56	60	5	90
5	30	30	15	90
6	56	30	15	90
7	30	60	15	90
8	56	60	15	90
9	30	30	5	150
10	56	30	5	150
11	30	60	5	150
12	56	60	5	150
13	30	30	15	150
14	56	30	15	150
15	30	60	15	150
16	56	60	15	150
17	17	45	10	120
18	69	45	10	120
19	43	15	10	120
20	43	75	10	120
21	43	45	0	120
22	43	45	20	120
23	43	45	10	60
24	43	45	10	180
25	43	45	10	120
26	43	45	10	120
27	43	45	10	120
28	43	45	10	120
29	43	45	10	120

A avaliação do DCRR foi realizada através dos parâmetros de Perda de massa, Perda de umidade, Incorporação de sólidos solúveis, Redução da atividade de água e de duas Relações de desempenho adotadas, tais como:

a) *Relação de desempenho baseada na incorporação de sólidos (RD ou PU/IS)*: é definida pela razão entre a perda de umidade e a incorporação de sólidos do material no processo de desidratação osmótica.

b) *Relação de desempenho baseada na perda de massa (PU/PM)*: é a razão entre a perda de umidade e a perda de massa do material no processo de desidratação osmótica.

Esses parâmetros foram obtidos a partir das determinações: massa; conteúdos de umidade, de sólidos totais e de sólidos solúveis; atividade de água. Todas as atividades experimentais desse trabalho foram desenvolvidas no Laboratório de Engenharia de Alimentos da (LEA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os estudos de avaliação dos parâmetros de operação da matriz experimental do DCCR aplicado foram realizados ao nível de significância dos testes estatísticos de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados das determinações conteúdo de umidade, de sólidos totais, de sólidos solúveis totais e de atividade de água das fatias de batata doce *in natura* utilizadas nos ensaios de desidratação osmótica.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão das determinações dos conteúdos de sólidos solúveis totais, de sólidos totais, de umidade e atividade de água para a mandioca *in natura*.

Determinações	Batata doce
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,5 ± 1,3
Sólidos totais (%)	40,90 ± 0,69
Conteúdo de umidade x, b.u (%)	59,10 ± 0,69
Atividade de água (a <sub>w</sub> , valor absoluta)	0,944 ± 0,001

Os valores obtidos na Tabela 2 se encontram próximos pela literatura. Por exemplo, TACO (2011) informa que o conteúdo de sólidos solúveis totais da batata doce é de 11,0 °Brix.

### Ensaios experimentais de desidratação osmótica de fatias de batata doce (DCCR)

Os resultados iniciais do DCRR estão representados pela

significância das variáveis de estudo temperatura (1), concentração de soluto (2), concentração de sal (3) e tempo (4) e suas interações (ex: 1 vs 2, etc.), segundo análise da modelagem matemática na forma linear (L) e quadrática (Q) apresentados pelos histogramas de barras da Figura 1 para os parâmetros de avaliação de Perda de massa (PM, Figura 1a), Redução de atividade de água (Redução a<sub>w</sub>, Figura 1b), Relação de desempenho baseada na Incorporação de sólidos (RD, Figura 1c) e Relação de desempenho baseada na Perda de massa (PU/PM, Figura 1d). A Perda de umidade não apresentou fatores significativos (variáveis de estudo e suas interações) ao nível de significância do teste de 5,0% (p = 0,05).

Observa-se na Figura 1 que o comportamento da significância dos fatores é similar para os parâmetros de avaliação utilizados. O modelo matemático linear (L) apresenta maior significância para esses fatores em relação ao quadrático (Q). Uma ordem decrescente generalizada para a significância das variáveis de estudo para os parâmetros de avaliação utilizados (PM, Redução a<sub>w</sub>, RD, PU/PM) pode ser expressa por:

$$\text{Concentração de solutos} \cong \text{Concentração de sal} > \text{Temperatura} > \text{Tempo}$$

As interações mais significativas dessas variáveis são compostas pela temperatura (1L), concentração de solutos (2L) e concentração de sal (3L). Os resultados da análise de variância (ANOVA) para a Relação de desempenho baseada na Incorporação de sólidos (RD) e para a Atividade de água (a<sub>w</sub>) foram os únicos que apresentam validade estatística para se obter modelos matemáticos preditivos, nos quais os valores dos testes de variância calculado através dos resultados experimentais foram maiores que os seus limites críticos de significância apresentados pela literatura ( $f_{\text{calculado}} > f_{\text{tabelado}}$ ). Os resultados de significância dos fatores (diagrama de Pareto) para a atividade de água foram similares aos valores apresentados pela redução de atividade de água, Redução a<sub>w</sub>, apresentado na Figura 2b.

Para avaliar a região de ótimo de operação da desidratação osmótica das fatias de batata-doce através dos parâmetros avaliados que apresentaram modelos estatísticos preditivos podem ser utilizadas as curvas de níveis e as superfícies de resposta dos seus tratamentos estatísticos. As curvas de níveis apresentam maior facilidade de visualização das regiões desejadas para esses parâmetros e apenas elas são utilizadas para a determinação da faixa otimizada para as variáveis de estudo neste momento. As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam as curvas de níveis para a relação de desempenho baseada na incorporação de sólidos (RD ou PU/IS) e para a atividade de água

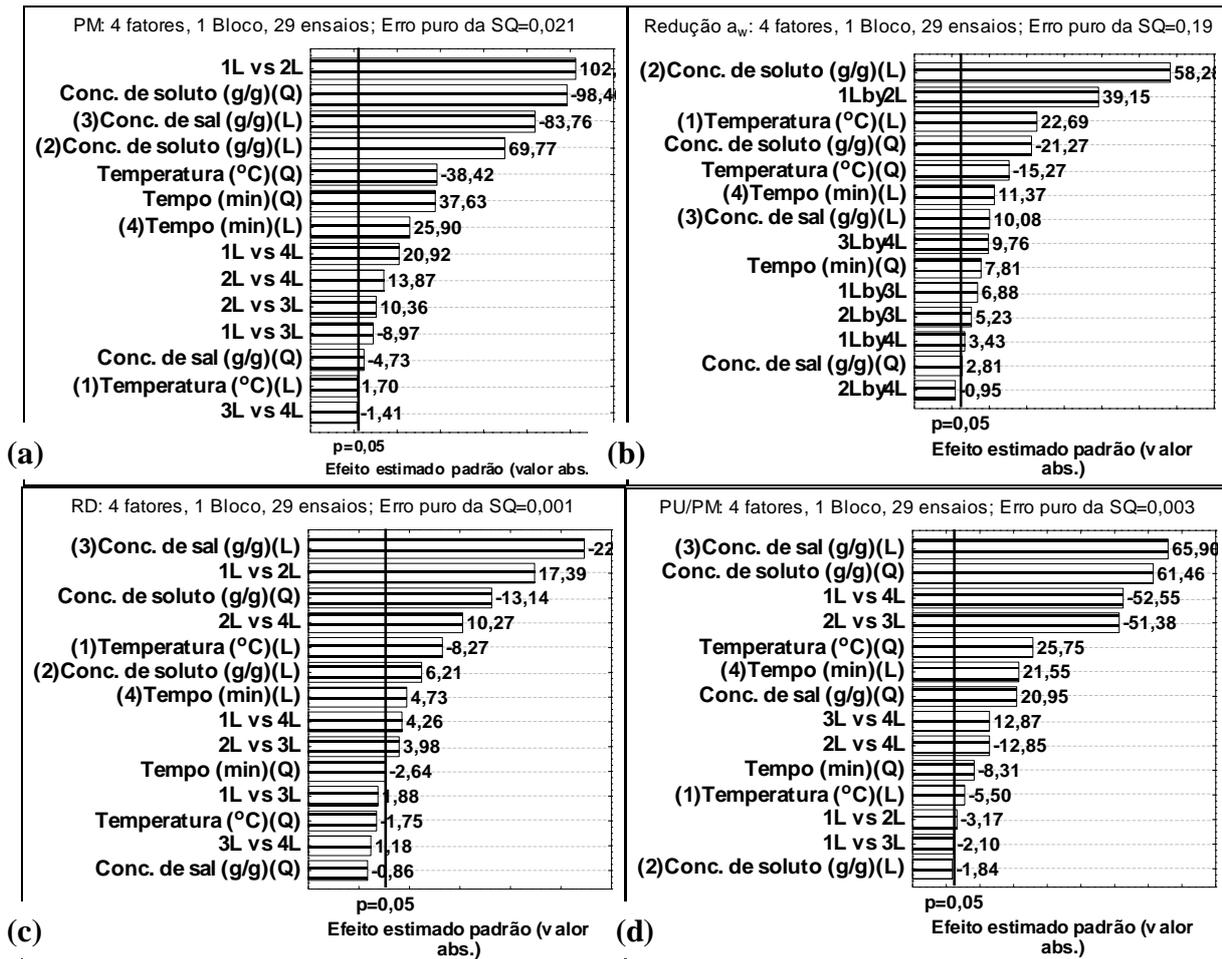


Figura 1: Diagrama de Pareto para os ensaios experimentais de desidratação osmótica de fatias de batata-doce para os parâmetros de avaliação: (a) Perda de massa, PM; (b) Redução de atividade de água, Redução  $a_w$ ; (c) Relação de desempenho baseada na Incorporação de sólidos, RD; (d) Relação de desempenho baseada na Perda de massa, PU/PM.

Pode-se observar nas Figuras 2a e 2b que os maiores valores da relação de desempenho baseada na incorporação de sólidos compreendem toda a área interna do losango. Porém, pode-se destacar a área de coloração mais intensa nessa região se localiza na faixa de concentração de solutos de 30 a 55% em peso para as faixas de tempo e temperatura de estudo (60 a 180 min e 17 a 69 °C). As Figuras 2c e 2d apresentam as regiões de maiores valores dessa relação na metade inferior do losango, com comportamentos inversos, ora para o quadrante esquerdo (Figura 2c) e ora para o direito (Figura 2d). Uma faixa otimizada consensual para concentração de sal que apresente os maiores valores dessa relação de desempenho é de 0 a 9% em peso para as faixas de tempo e temperatura de estudo (60 a 180 min e 17 a 69 °C). A Figura 3 é utilizada para definir os valores de tempo e temperatura de operação para a faixa otimizada de operação, os quais ainda não foram bem identificados na Figura 2.

Observa-se na Figura 3 que a região com a coloração mais

intensa se localiza no interior da metade direita e do quadrante superior esquerdo do losango. Portanto, tem-se as faixas otimizadas para tempo e temperatura de 100 a 180 min e de 17 a 50 °C. Essa ampla faixa de temperatura, principalmente com temperaturas inferiores a 30 °C não é coincidente com as informações da literatura. Assim, deve-se analisar o resultado da atividade de água para a determinação da faixa otimizada para a temperatura. No momento pode-se indicar a seguinte faixa otimizada de operação baseada nos resultados da relação de desempenho em questão: a) temperatura de 17 a 50 °C; b) concentração de soluto de 30 a 55% em peso; c) concentração de sal de 0 a 9% em peso; d) tempo de 100 a 180 min.

As informações da atividade de água para a determinação da região otimizada de operação estão apresentadas nas Figuras 4 e 5.

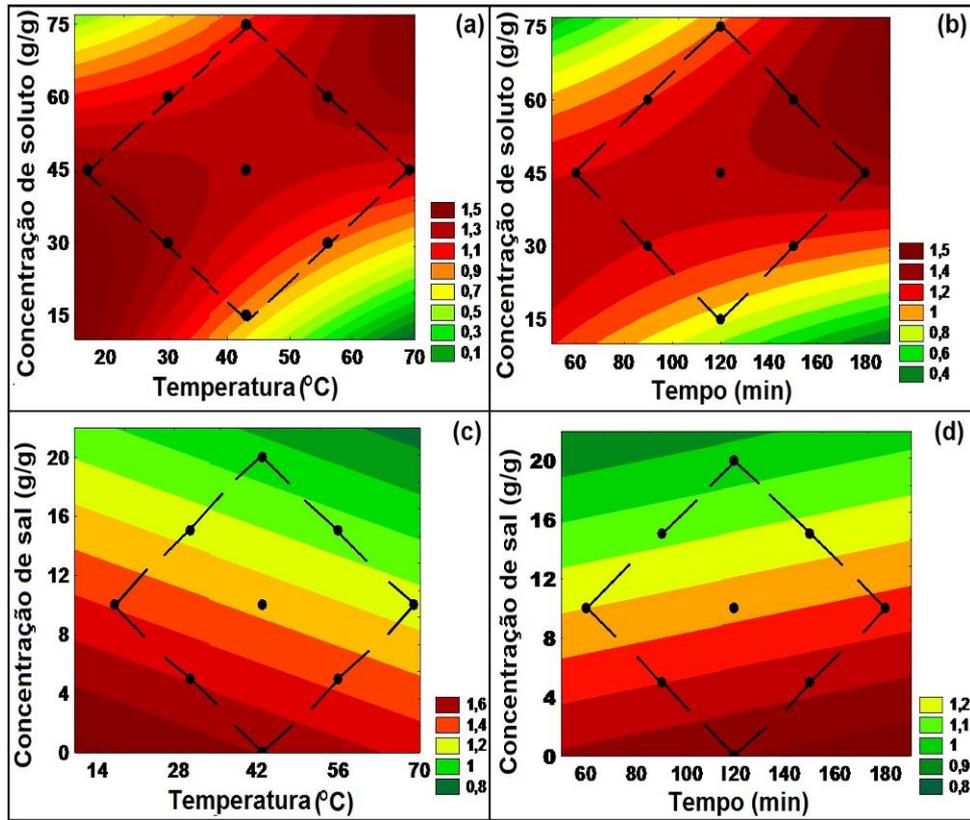


Figura 2: Curvas de níveis do DCCR da desidratação osmótica de fatias de batata-doce da Relação de desempenho (RD): (a) Concentração de soluto e temperatura; (b) Concentração de soluto e tempo; (c) Concentração de sal e temperatura; (d) Concentração de sal e tempo.

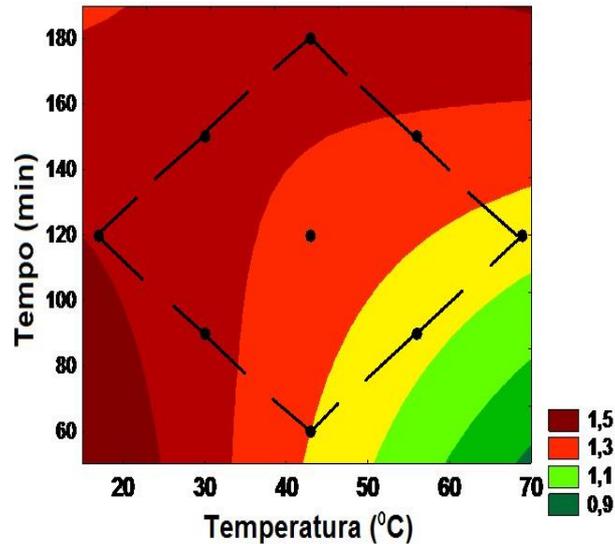


Figura 3: Curvas de níveis do DCCR para a desidratação osmótica de fatias de batata-doce da relação de desempenho (RD) para o tempo e temperatura de operação.

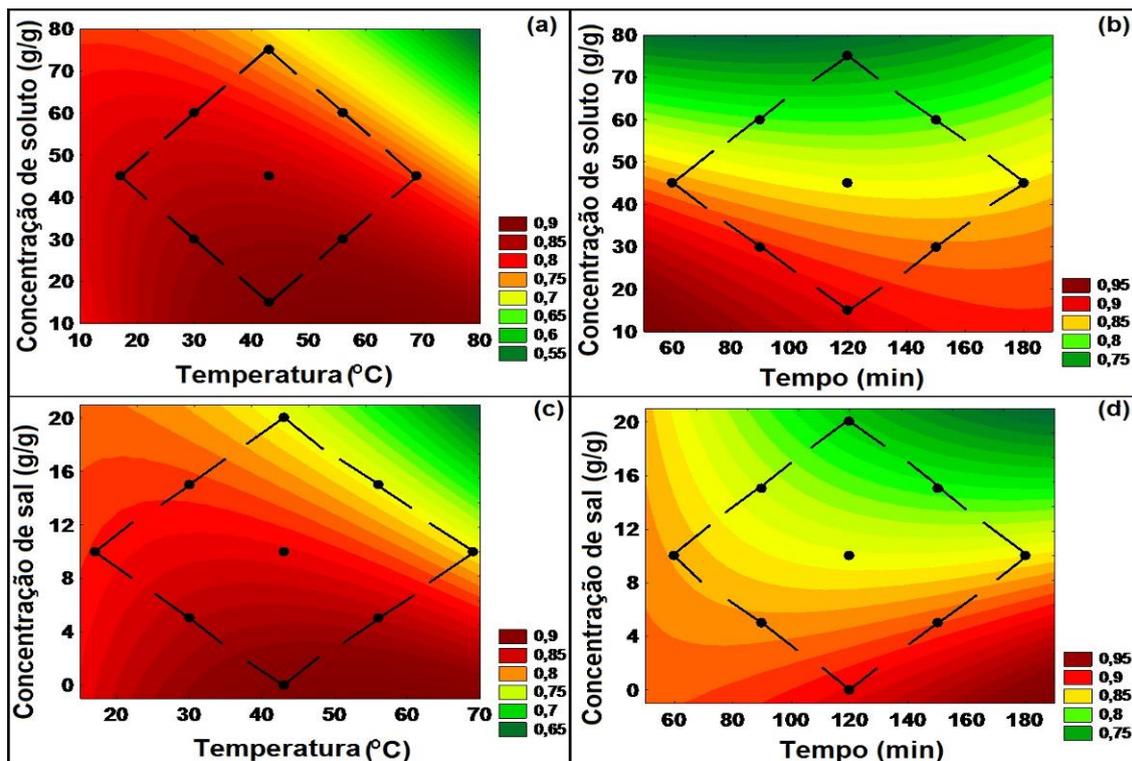


Figura 4: Curvas de níveis do DCCR para a desidratação osmótica de fatias de batata-doce da Atividade de água ( $a_w$ ): (a) Concentração de soluto e temperatura; (b) Concentração de soluto e tempo; (c) Concentração de sal e temperatura; (d) Concentração de sal e tempo.

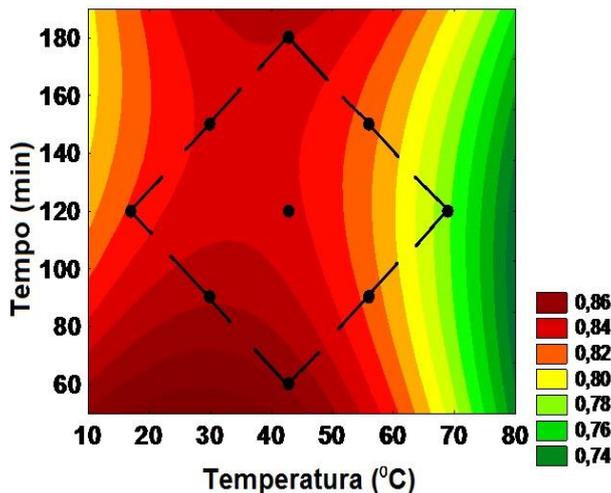


Figura 5: Curvas de níveis do DCCR aplicado para a desidratação osmótica de fatias de batata-doce da atividade de água para o tempo e temperatura de operação.

A região desejada de mínimos valores de atividade de água para o diagrama da Figura 5 se encontra na metade direita da região interna do losango tracejado, junto a sua extremidade. Assim, a faixa otimizada para a temperatura e o tempo de operação pode ser de 100 a 150 min e 55 a 69 °C. Portanto, pode-se indicar a seguinte faixa otimizada de operação baseada nos resultados da atividade de água: a) temperatura de 45 a 69 °C; b) concentração de soluto de 45 a 75% em peso; c) concentração de sal de 9 a 20% em peso; d) tempo de 100 a 160 min.

Reunindo as informações das faixas otimizadas obtidas com os parâmetros de avaliação de relação de desempenho baseada na incorporação de sólidos e de atividade de água a região otimizada de operação das variáveis de estudo é:

- Temperatura de operação: faixa de 45 a 55 °C.
- Concentração de solutos: faixa de 45 a 55% em peso.
- Concentração de sal: faixa de 7 a 9% em peso.
- Tempo de operação: 100 a 180 min.

## CONCLUSÃO

As concentrações de soluto e de sal e a temperatura são os parâmetros de operação mais significativos para a desidratação osmótica de batata-doce.

Os valores médios da faixa ótima de operação das variáveis de estudo para a desidratação osmótica de fatias de batata-doce são de 50 °C, 50% em peso de solutos, 8% em peso de sal e 140 min.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato.

**Horticultura Brasileira**, v. 32, p.21–27, 2014.

BARROS NETO, B. ; SCARMINIO, I. S. ; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos, pesquisas e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas: **Editora da UNICAMP**, 2001. 401p.

FERRARI, C.C. ; RODRIGUES, L. K. ; TONON, R.V. ; HUBINGER, M.D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(3): 564- 570, jul.-set. 2005.

JESUS, J. R., **Modelos matemáticos na predição da cinética de desidratação osmótica de batata doce**. Lavras: UFLA, 2015, 88p.

PAM, **Produção Agrícola Municipal - culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, v.30, 2003, 93p.

RAOLT-WACK, A.L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v.5, n.8, p.255-260, 1994.

RODRIGUES, M.I. ; IEMMA, A.F. Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos. 1ª edição, **Casa do Pão Editora**, Campinas, SP, 326p. 2005.

TACO, **Tabela Brasileira e Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP**. – 4 ED. rev. E ampl. Campinas: NEPA – UNIAMP, 2011. 161p.