



MARIANA TEREZA CARVALHO

**OBTENÇÃO DE COURO DE FRUTA A PARTIR DA
SECAGEM DA POLPA DE PITAIA BRANCA**

**LAVRAS – MG
2022**

MARIANA TEREZA CARVALHO

**OBTENÇÃO DE COURO DE FRUTA A PARTIR DA SECAGEM DA POLPA
DE PITAIA BRANCA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

Prof.^a. Dr.^a. Leila Aparecida Salles Pio
Orientadora

Me.^a. Juliana Rodrigues do Carmo
Coorientadora

**Lavras – MG
2022**

MARIANA TEREZA CARVALHO

**OBTENÇÃO DE COURO DE FRUTA A PARTIR DA SECAGEM DA POLPA
DE PITAIA BRANCA**

**OBTAINING FRUIT LEATHER FROM THE DRYING OF THE WHITE
PITAIA PULP**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA EM 18/04/2022

Juliana Rodrigues do Carmo (Mestre – DCA)

Deniete Soares Magalhães (Doutora - DAG)

Jefferson Luiz Gomes Corrêa (Doutor - DCA)

Prof^a. Dr^a. Leila Aparecida Salles Pio
Orientadora

Me^a. Juliana Rodrigues do Carmo
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela saúde e força para conseguir chegar até aqui.

Aos meus pais por todo apoio, incentivo e por não me deixarem desistir.

À Universidade Federal de Lavras, aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura por toda contribuição.

À professora Dr^a Leila Aparecida Salles Pio, por todos os ensinamentos, orientação e auxílio.

À minha coorientadora Me^a. Juliana Rodrigues do Carmo pela ajuda incondicional, toda paciência e os conhecimentos compartilhados. A todos do laboratório de Secagem do Departamento de Alimentos que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu namorado Lucas pelo apoio, incentivo, compreensão e paciência.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram nesses anos para minha formação acadêmica e que torcem pelo meu sucesso profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

A pitaia (*Selenicereus undatus*) é um fruto nativo da América Central e amplamente consumido, conhecido também como *fruit dragon* (fruta do dragão). Os produtores brasileiros observaram nesta frutífera, grande oportunidade, visto que inicialmente foi considerada uma fruta rústica, de fácil manejo pelo fato de pertencer à família dos cactos (*Cactaceae*). Assim, a facilidade de produção e o interesse de mercado fez com que aumentasse a oferta de pitaia e, conseqüentemente, este fator gerou a desvalorização da venda do fruto *in natura* direto do produtor. Além disto, devido ao seu alto teor de água, este fruto se apresenta muito perecível. A obtenção de novos produtos a partir da polpa é uma alternativa. Neste sentido, a secagem é uma técnica que auxilia na obtenção de um produto seco e com maior tempo de vida útil, uma vez que diminui o seu teor de água e a sua atividade de água. Esta técnica foi utilizada para obtenção do *fruit leather* (couro de fruta), que é uma espécie de folha de fruto desidratado e permite a formação de rolinhos agregando assim valor ao produto, o qual possui destaque no mercado internacional. O produto desenvolvido teve como desafio a obtenção de um produto sem adição de carboidratos, ou seja, utilizando somente os açúcares nativos da pitaia. O objetivo do trabalho foi testar a influência da quantidade de etanol e limão na secagem de pitaia em diferentes temperaturas (50°C e 70°C), tendo como resposta o tempo de secagem, a umidade, atividade de água, espessura e cor. Foi possível observar que a maior temperatura, as maiores quantidade de etanol e de limão reduziram o tempo de secagem, a umidade e atividade de água. No entanto, menores diferenças na cor das amostras foram observadas nas menores temperaturas, maior quantidade de limão e menor quantidade de etanol.

Palavras-chave: Pitaia; *Fruit dragon*. Secagem convectiva; Couro de fruta; Etanol.

ABSTRACT

The pitaya (*Selenicereus undatus*) is a fruit native to Central America and widely consumed, also known as dragon fruit. Brazilian producers saw a great opportunity in this fruitful fruit, since it was initially considered a rustic fruit, easy to handle because it belongs to the cactus family (Cactaceae). Thus, the ease of production and market interest made the supply of pitaya increase and consequently this factor generated the devaluation of the sale of the fruit in natura directly from the producer. In addition, due to its high water content, this fruit is very perishable. Obtaining new products from the pulp is an alternative. In this sense, drying is a technique that helps to obtain a dry product with a longer shelf life, since it reduces its water content and water activity. This technique was used to obtain fruit leather, which is a kind of dehydrated fruit leaf and allows the formation of rolls, thus adding value to the product, which is highlighted in the international market. The product developed had the challenge of obtaining a product without the addition of carbohydrates, that is, using only the native sugars of pitaya. The objective of this work was to test the influence of the amount of alcohol and lemon on the drying of pitaya at different temperatures (50°C and 70°C), taking as a response the drying time, humidity, water activity, thickness and color. It was possible to observe that the higher temperature, the higher amounts of alcohol and lemon reduced the drying time, humidity and water activity. However, smaller differences in the color of the samples were observed at lower temperatures, higher amounts of lemon and lower amounts of alcohol.

Keywords: Pitaya; Fruit dragon; Convective drying; Fruit leather; Alcohol.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.2. Pitaia	8
2.3. Pitaia e seus produtos	9
2.4. Secagem	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.2. Matéria prima	11
3.3. Preparo das amostras	11
3.4. Procedimento de secagem	11
3.5. Umidade	11
3.6. Atividade de água	11
3.7. Espessura	12
3.8. Avaliação da Cor	12
3.9. Análise estatística	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.2. Tempo	15
4.3. Umidade	17
4.4. Atividade de Água (A_w)	19
4.5. Espessura	21
4.6. L	22
4.7. a	24
4.8. b	25
4.9. Delta E (ΔE)	26
5. CONCLUSÃO	28

1. INTRODUÇÃO

O fruto da pitiaia (*Selenicereus sp.*), pertencente à família cactaceae e ao gênero *Hylocereus*, é originário das regiões de florestas tropicais do México, América Central e América do Sul (LIMA, 2013). Este é considerado um fruto rústico que teve grande aceitação pelos produtores brasileiros estando em ascensão da produção. Isto se deve aos seus diversos nutrientes e vitaminas, como vitamina B, vitamina E, vitamina C, potássio, magnésio e carboidratos, além de substâncias antioxidantes (DE ABREU et al., 2012), que também desperta aos consumidores grande interesse. Apresentando sabor levemente adocicado e sutil, a pitiaia de polpa branca desperta muita curiosidade por sua beleza, pois é um fruto bonito, de cores vibrantes e de alto contraste.

Devido ao seu curto período de validade pós-colheita e alto valor agregado os produtores buscam alternativas para conservação, como por exemplo, geleias, polpas, picolé, entre outros. Outra alternativa de produto é o couro de fruta (*fruit leather*), o qual é basicamente a polpa de fruta processada em processador caseiro ou liquidificador e desidratada, de forma que lembre uma folha maleável. Este produto já é conhecido e usual em países como Estados Unidos, como opção de conservação de frutas, como, banana, romã e mamão, porém com adição de açúcares, amidos e conservantes transformando em um alimento não saudável.

Dentre os métodos de preservação de alimentos, a secagem vem se destacando, devido à diminuição da atividade de água (A_w). Visando à remoção da água do material na forma de vapor, para a fase gasosa insaturada, a secagem é um método de preservação utilizado desde a antiguidade e define-se como operação unitária e visa remoção de água e ocorre mediante mecanismo de vaporização térmica ou sublimação na liofilização. Alguns pré-tratamentos são utilizados para otimizar o tempo de secagem, como por exemplo, o uso de etanol, que quando empregado na superfície da matriz alimentar, demonstra resultados positivos na redução de tempo de secagem, na retenção de compostos voláteis e maior prevenção das propriedades nutricionais do alimento (ARRUDA et al., 2021).

Diante disso o objetivo deste trabalho é obter um couro de pitiaia sem a adição de açúcares e oferecer uma alternativa a produtores de pitiaia na obtenção de um produto mais estável, sendo ainda uma opção saudável, sustentável e inovadora para manter o

fruto, com suas propriedades e sabor. Além disso, foi verificada a influência da adição de etanol e limão na polpa, submetida a diferentes condições de secagem convectiva, na qualidade do produto final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2. Pitaia

O fruto de pitaia é nativo das Américas e pertence à família Cactaceae. Distribuídos em quatro gêneros distintos: *Hylocereus*, *Selenicereus*, *Cereus* e *Stenocereus*, apresenta particularidades quanto ao formato, tonalidade da polpa e da casca, presença de espinhos, dentre outras (FREITAS et al., 2021).

Também conhecida como *dragon fruit* (fruta do dragão), é uma planta perene, com crescimento sobre árvores, muros ou troncos. As pitaias possuem raízes fibrosas, abundantes e desenvolvem numerosas raízes adventícias que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes. Os cladódios (segmentos de caules) são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de comprimento. O fruto é globoso ou subgloboso, com diâmetro variável, podendo ser de coloração amarela ou vermelha, coberto com brácteas (escamas) ou espinhos. Sua polpa é rica em fibras com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico. As sementes medem aproximadamente de 0,5 a 2 mm de diâmetro e são muito numerosas, de coloração escura e se encontram distribuídas em toda a polpa (LIMA, 2013).

As plantas de pitaia não apresentam muitas exigências em tratos culturais, mas diferente do que se pensa por ser da família dos cactos, dependendo das condições pluviométricas regionais é necessário irrigação, principalmente na fase de crescimento vegetativo. Já no manejo das plantas daninhas devem ser erradicadas visando diminuir a concorrência de água, luminosidade, nutrientes, além de reduzir ainda mais a ocorrência de pragas e doenças, mesmo que não seja muito comum (LIMA, 2013).

A propagação da pitaia e a produção de mudas pode ser feita via sementes ou de forma vegetativa, através dos cladódios. A propagação vegetativa se utiliza de segmentos destacados de uma planta que, sob condições adequadas, emitem raízes e originam uma nova planta com características idênticas àquela que lhe deu origem (LIMA, 2013).

A composição nutricional deste fruto é muito rica em vitamina B1, B2, B3, betacaroteno, licopeno, vitamina E, vitamina C, polifenóis, ácido ascórbico, potássio, magnésio e carboidratos. Segundo Wichienchot, Jatupornpipat e Rastall (2010), dentre os carboidratos encontrados nas pitaias, grande parte é glucose, frutose e alguns oligossacarídeos. Enquanto as sementes apresentam grande conteúdo de óleo, sendo que os principais ácidos graxos presentes são o ácido linoleico, oleico e palmítico (LIM et al., 2010).

Devido à pitáia ser um fruto tropical, ele deteriora-se com maior facilidade em condições ambientes, conseqüentemente a vida útil pós-colheita é curta, durando em média 8 dias (BRUNINI; CARDOSO, 2011). Benites et al. (2006) concluíram que a temperatura de armazenamento e o tempo tem influencia significativa em alguns processos fisiológicos, além de auxiliar no aumento do tempo de vida útil, sendo normalmente a temperatura ideal de 8°C, melhorando então a qualidade dos frutos.

2.3. Pitáia e seus produtos

O uso integral dos alimentos torna a cadeia produtiva mais sustentável e ecologicamente correta, dar valor e utilizar daqueles alimentos que não são visivelmente atrativos ao consumidor que seriam descartados e perdidos é de extrema importância. A produção de geleia é uma possibilidade. Pelo ponto de vista tecnológico tem-se o aumento de tempo de vida de prateleira devido à cocção, concentração e adição de açúcar, os quais contribuem para redução da carga microbiana e da atividade de água, fatores fundamentais para conservação das frutas (BARBOSA, 2019). Dos frutos da pitáia já é comum encontrar geleias, caseiras ou industrializadas, sejam elas puras ou com adição de outras frutas, como por exemplo, banana.

Outro produto comum de se encontrar dos frutos de pitáia são as polpas. Ao contrário do que se encontra a polpa de fruta é um produto não fermentado, não concentrado, não diluído e com teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível da fruta. Tal produto deve ser preparado com frutas sadias, limpas, isentas de parasitas e de detritos animais ou vegetais e não deve conter qualquer fragmento de partes não comestíveis da fruta e nem substâncias estranhas a sua composição normal (MATTA et al., 2005).

O couro de fruta (*fruit leather*) é um produto desidratado, com sabor adocicado e textura macia, seu nome se deve a sua textura e aparência brilhante (NAZ, 2012).

Este é um produto vantajoso, pois a secagem remove a umidade de forma que as bactérias, leveduras e bolores não consigam crescer e estragar o produto, além de retardar a ação de enzimas, estendendo o prazo de armazenamento sem a necessidade de refrigeração. Sua popularidade vem aumentando por ser considerado um lanche mais saudável e de baixo valor calórico. Devido à remoção da umidade, este é um alimento menor e mais leve, o que também facilita a exportação (NAZ, 2012; SHARMA et al., 2016).

2.4. Secagem

A secagem é um método eficaz devido a possibilidade de estender a vida de prateleira dos alimentos, reduzir volume e peso, além de diminuir os custos durante o transporte e estocagem, devido à remoção da água dos alimentos, quando expostos ao calor sob temperatura controlada (MENESES et al., 2018). Esta técnica tem como objetivo promover a redução da atividade de água, inibindo o crescimento microbiano, reduzindo a atividade enzimática e velocidade das reações químicas (LOPES et al., 2015).

Contudo pode ser citado como desvantagens do método de secagem convectiva com fluxo de ar quente o considerável consumo de energia térmica, o período de operação relativamente longo, além de que a exposição a elevadas temperaturas por longo período pode resultar em perda de qualidade nutricional e sensorial (LOPES et al., 2015; MOTIVALI et al., 2011).

A alta demanda de alimentos desidratados fez com quem o mercado tecnológico apresentasse diferentes tipos de secador. Isso ocorre devido à variedade de formas físicas dos alimentos, a taxa de produção e a característica do produto final. Podendo ser citado o secador em túnel, o qual possui grande capacidade de produção, principalmente para secar frutíferas e hortaliças. É constituído de um túnel e com uma corrente de ar natural ou forçada com fluxo paralelo. O secador com ar em fluxo paralelo possui a desvantagem de na saída do túnel o ar estar mais frio e úmido, reduzindo a taxa de secagem. Enquanto o secador com fluxo contra corrente, este fenômeno acontece no início do processo, porém isso faz com que o produto seja seco de maneira mais uniforme, visto que a taxa de secagem vai aumentando ao longo do túnel (AMARAL, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.2. Matéria prima

As pitaias vermelhas de polpa branca foram colhidas em Lavras – MG e congeladas *in natura*. Para o uso, as frutas foram descongeladas, cortadas ao meio e a polpa, separada da casca. As cascas foram devidamente descartadas e, aproximadamente 150 g de polpa foram obtidos e processados em liquidificador por 1 min.

3.3. Preparo das amostras

Após o processamento da polpa, 60 g de amostra foram obtidas e tratadas (ou não) com etanol absoluto (99,5%) e limão. A quantidade de etanol adicionada tomou como base os estudos de Correa et al. (2012). Já a quantidade de limão teve como base os estudos Naz (2012), na proporção m/m, ainda segundo NAZ (2012) o suco de limão ajuda a realçar o sabor do fruto.

3.4. Procedimento de secagem

A secagem foi realizada em um secador de túnel (Eco Engenharia Educacional, modelo MD018, Brasil) com fluxo de ar nas temperaturas 50°C, 60°C e 70°C com a velocidade 1,5 m/s. As amostras foram colocadas em um porta amostras circular de 15 cm de diâmetro. Uma balança digital (Ohaus Adventurer, ARC 120, EUA) estava acoplada ao porta amostras e auxiliou no monitoramento de massas durante o tempo de secagem. A massa foi monitorada de 5 em 5 min nos primeiros 60 min e de 10 em 10 min no tempo restante. A secagem foi encerrada quando a diferença de massa entre duas pesagens sucessivas apresentou diferença inferior a 0,2 g.

3.5. Umidade

Para determinação da umidade nas amostras *in natura* e tratadas, foi utilizada uma estufa à vácuo (modelo DV95, Dosivac, Buenos Aires, Argentina) a 70°C durante 24 h.

3.6. Atividade de água

Para as análises de atividade de água (a_w) foi utilizado um termohigrômetro digital (Aqualab, serie 3 TE, Washington, EUA) a aproximadamente 25°C.

3.7. Espessura

As amostras após a secagem foram medidas em relação a sua espessura com o auxílio de um paquímetro digital (Estern, DC-6 model, China). As medições foram distribuídas por toda folha de forma aleatória.

3.8. Avaliação de Cor

Para determinar os parâmetros colorimétricos, as amostras *in natura*, tratadas e secas foram submetidas a análise de cor, com o auxílio de um colorímetro (Konica Minolta modelo CR-300, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°, utilizando a escala de cores CIELab. Sendo considerados os seguintes parâmetros: L – que representa a luminosidade variando de 0 (preto) a 100 (branco), a – que representa as cores verde (-) e vermelho (+), b – que representa as cores azul (-) e amarelo (+) e ΔE (delta e) que representa a diferença de cor das amostras secas e *in natura*.

3.9. Análise estatística

Foi utilizado um delineamento composto central (DCC) o qual é um delineamento que foi desenvolvido com o objetivo de permitir encontrar o ponto de resposta máxima ou mínima, em ensaios com k fatores e com um número de pontos inferior a outros tipos de delineamentos utilizados, entretanto, a utilização do DCC restringe-se ao ajuste de modelos de primeira ordem.

Para os ensaios, foram escolhidos três fatores de interesse: temperatura, quantidade de limão e quantidade de etanol, instalados em um delineamento composto central e as variáveis de respostas foram: tempo de secagem, umidade, atividade de água (a_w), espessura e cor. Foi utilizado um Método de Superfície de Resposta (MSR) com o delineamento estatístico instalado sob o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

As variáveis independentes foram codificadas para (-1, 1) para simplificar os cálculos. Foram incluídos também cinco pontos centrais entre os valores máximos e mínimos da temperatura, quantidade de limão e quantidade de etanol. As repetições no ponto central são utilizadas para estimar o erro experimental e para checar o ajuste do modelo de primeira ordem. Os pontos centrais do delineamento são os correspondentes às condições de 60°C, 0.3 g de limão e 3.86 g de etanol.

Tabela 1: Planejamento do delineamento composto central para avaliação do experimento, variáveis originais e codificadas.

Ensaio	Variáveis originais			Variáveis codificadas		
	Temperatura (°C)	Quantidade limão (g)	Quantidade etanol (g)	Temperatura (°C)	Quantidade limão (g)	Quantidade etanol (g)
1	50	0	0	-1	-1	-1
2	50	0	7,73	-1	-1	1
3	50	0,6	0	-1	1	-1
4	50	0,6	7,73	-1	1	1
5	70	0	0	1	-1	-1
6	70	0	7,73	1	-1	1
7	70	0,6	0	1	1	-1
8	70	0,6	7,73	1	1	1
9 (C)	60	0,3	3,86	0	0	0
10 (C)	60	0,3	3,86	0	0	0
11(C)	60	0,3	3,86	0	0	0
12(C)	60	0,3	3,86	0	0	0
13 (C)	60	0,3	3,86	0	0	0

Fonte: Do autor (2022)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2: Média das variáveis repostas de acordo com a temperatura, quantidade de limão e quantidade de etanol.

Ensaio	Variáveis resposta							
	Tempo Secagem (min)	Umidade (%)	Atividade de água (a_w)	Espessura (mm)	Luminosidade (L)	a	b	Delta e (ΔE)
1	190	11,38	0,48	0,26	46,51	14,33	3,11	12,95
2	210	11,48	0,48	0,33	49,1	15,5	2,38	10,16
3	240	11,05	0,46	0,51	45,2	10,01	-2,73	1,67
4	230	9,65	0,42	0,54	41,92	9,91	2,73	5,68
5	130	8,81	0,46	0,54	46,42	15,19	0,86	11,08
6	130	9,2	0,33	0,59	48,74	18,14	1,81	17,39
7	150	8,73	0,36	0,46	47,64	18,19	0,58	11,8
8	130	8	0,34	0,63	44,63	13,55	4,13	10,4
9 (C)	170	7,4	0,41	0,41	43,27	16,03	2,57	13
10 (C)	160	12,58	0,43	0,42	51,29	8,7	-0,96	15,1
11(C)	150	10,02	0,41	0,42	51,21	14,78	1,88	16,17
12(C)	160	10,91	0,46	0,34	50,96	16,06	1,47	11,75
13 (C)	170	13,72	0,42	0,36	50,27	15,39	2,29	16,78

Fonte: Do Autor (2022)

4.2. Tempo

Na Tabela 3 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável tempo com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 3: Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável tempo.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	15251,0	5083,7	<0,05
Resíduo	9	1041,3	115,7	
Quadrático puro	5	761,3	152,3	0,2357
Erro Puro	4	280,0	70,0	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 3, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável tempo.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	161,9880	<0,05
Temperatura (x_1)	-41,2500	<0,05
Quantidade Limão (x_2)	6,7482	0,0160
Quantidade Etanol (x_3)	-9,8342	0,1563

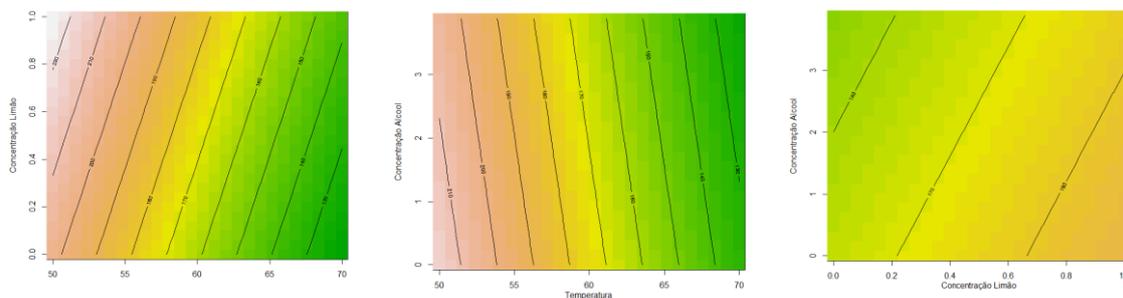
Fonte: Do autor (2022)

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$\text{Tempo} = 161,9880 - 41,25x_1 + 6,7482x_2 - 9,8342x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a figura 1 representa os gráficos de contorno para a resposta (tempo) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

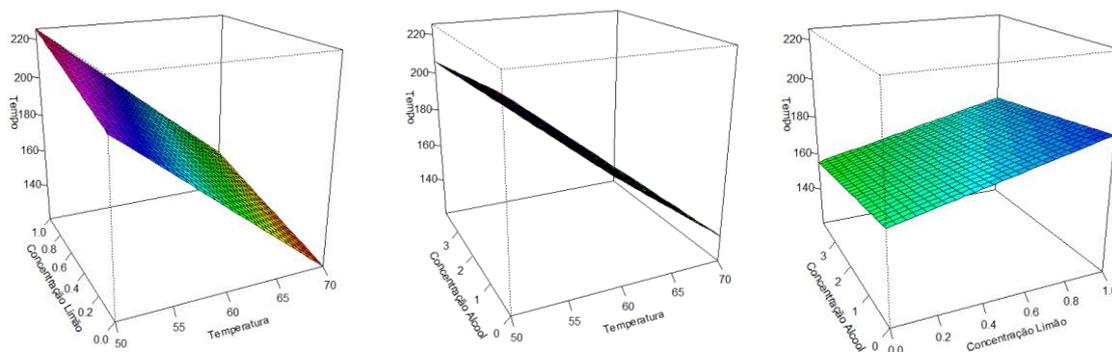
Figura 1: Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

A figura 2 representa a superfície de resposta para a resposta (tempo) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 2: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Pelas Figuras 1 e 2 observa-se que nos intervalos estudados, a região experimental que apresenta os menores valores de tempo está na região de alta temperatura e níveis altos em quantidade de etanol e níveis baixos de quantidade de limão.

Azeredo et al. (2006) concluíram que temperaturas mais altas e menor quantidade de purê resultam menor tempo de secagem, em couro de manga. Enquanto Maskan, Kaya e Maskan (2002), concluíram que o tempo para reduzir o teor de umidade, do couro de uva, a 0,12 kg (umidade de equilíbrio), variou de 40 a 240 minutos, sendo o menor tempo na maior temperatura e com espessura constante. Sendo assim é possível concluir que o etanol teve importância significativa na redução do tempo de secagem, também como foi verificado por MACEDO et al., (2021) que o uso

de etanol como pré-tratamento na secagem de espuma de pitaias branca e vermelhas e obteve redução do tempo de secagem em relação a amostra não tratada, segundo CORRÊA et al., (2012) isso acontece devido ao menor calor de vaporização da mistura etanol-água em relação a água pura.

4.3. Umidade

Na Tabela 5 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável umidade com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 5: Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável Umidade.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	15,1707	5,0569	0,2166
Resíduo	9	25,2410	2,8046	
Quadrático puro	5	1,4451	0,2890	0,9974
Erro Puro	4	23,7959	5,9490	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 5, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem a para a variável Umidade.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	10,9173	<0,05
Temperatura (x_1)	-1,1025	0,0955
Quantidade Limão (x_2)	-0,2583	0,4856
Quantidade Etanol (x_3)	0,9624	0,3533

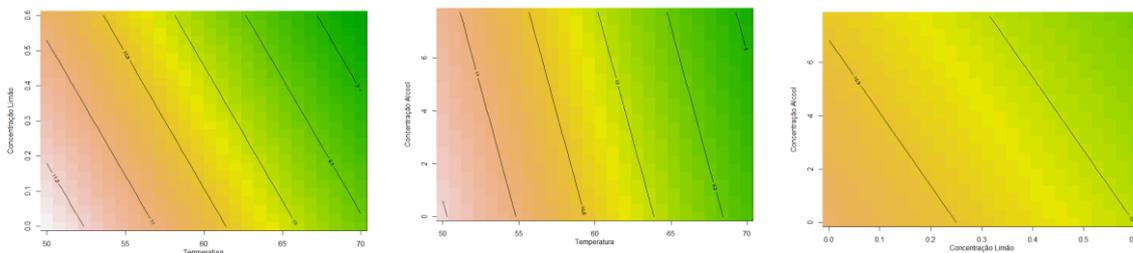
Fonte: Do autor (2022)

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$Umidade = 10,9173 - 1,1025x_1 - 0,2583x_2 + 0,9624x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a figura 3 representa os gráficos de contorno para a resposta (umidade) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

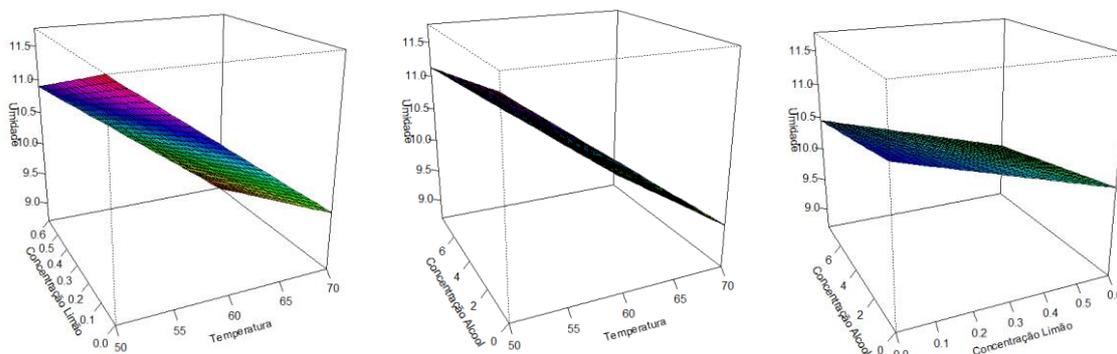
Figura 3: Gráfico de contornos do modelo de 1ª Ordem



Fonte: Do autor (2022)

A figura 4 representa a superfície de resposta para a resposta (umidade) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 4: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta menores níveis de umidade está na região de altos níveis de temperatura, quantidade de limão e etanol.

Maskan, Kaya e Maskan (2002) obtiveram a menor umidade na maior temperatura, de estudo, 75°C, e amostra com espessura mais fina. Enquanto Azeredo et al. (2006) observou que o teor de umidade do couro de manga era em torno de 15% a

18% no intervalo de temperatura de 60 a 80°C, que são superiores ao encontrado neste trabalho.

4.4. Atividade de Água (a_w)

Na Tabela 7 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável A_w com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 7: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem para a variável A_w .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	0,0177	0,0059	0,0332
Resíduo	9	0,0116	0,0012	
Quadrático puro	5	0,0095	0,0019	0,1214
Erro Puro	4	0,0021	0,0005	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 7, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Estimativas dos parâmetros do modelo de 1ª Ordem para a variável A_w .

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	0,4299	<0,05
Temperatura (x_1)	-0,0421	0,0091
Quantidade Limão (x_2)	-0,0121	0,1472
Quantidade Etanol (x_3)	0,0013	0,9507

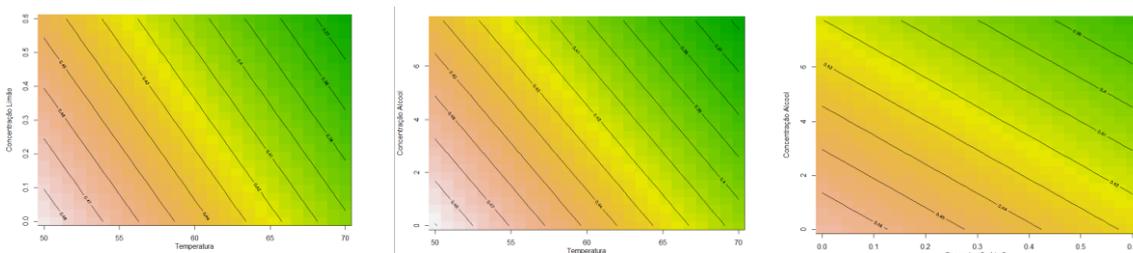
Fonte: Do autor (2022)

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$A_w = 0,4299 - 0,0421x_1 - 0,0121x_2 + 0,0013x_3$$

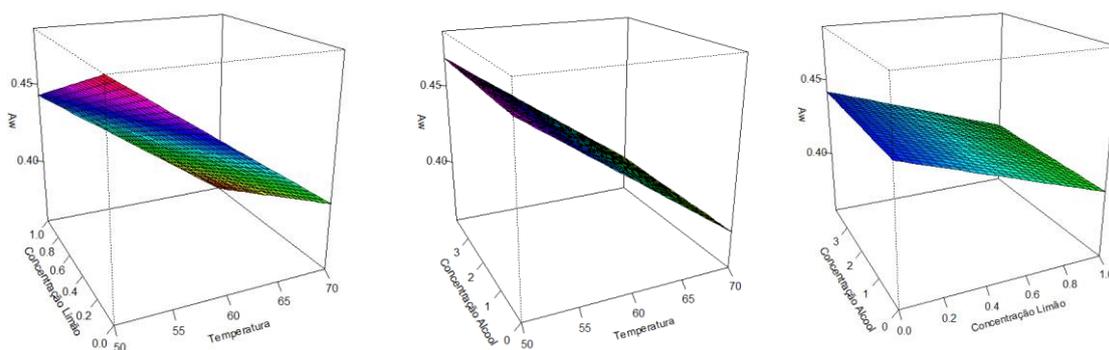
Uma vez que o modelo é apropriado para descrever os dados, foi construído os gráficos de contorno para a resposta (A_w) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol (Figura 5).

Figura 5: Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.



A figura 6 representa a superfície de resposta para a resposta (A_w) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 6: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Pelas Figuras 5 e 6 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que se encontram os menores níveis de A_w está na região de altos níveis de temperatura, quantidade de limão e de etanol.

Em estudos de maçã e marmelo, Torres, Romero e Diaz (2015) em comparação, obteve couros com atividade de água (A_w) de 0,54 a 0,69, secos em forno convector a 60°C por 20 horas. Enquanto couro de manga apresentou atividade de água média (A_w) de 0,62 (Henriette et al., 2006), em temperatura de secagem de 60°C a 80°C. Valores superiores ao presente estudo, o qual o produto seco é estável, devido a todos os valores se apresentarem menores a 0,6, independente da temperatura.

4.5. Espessura

Na Tabela 9 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável espessura com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 9: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem variável Espessura.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	0,0901	0,0300	0,02825
Resíduo	9	0,5574	0,0061	
Quadrático puro	5	0,0501	0,0100	0,0398
Erro Puro	4	0,0056	0,0014	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 9, o componente do termo quadrático puro foi significativo, isso implica que o modelo de 1ª Ordem não é uma aproximação adequada. A curvatura na real superfície pode indicar que se está próximo do ótimo; assim, análises adicionais devem ser feitas para localizar o ótimo com mais precisão. Nesse ponto, uma análise adicional deve ser feita para localizar o ótimo com mais precisão através do ajuste de um modelo de segunda ordem. Entretanto, a utilização do DCC restringe-se ao ajuste de modelos de primeira ordem.

Embora o modelo estatístico não seja significativo à espessura teve uma variância de 0,26 a 0,63 mm, nas condições 50°C sem tratamento e 70°C com etanol (7,73 g) e limão (0,6 g), respectivamente, como mostrado na tabela 10.

Tabela 10: Médias para a variável espessura.

Temperatura (°C)	Quantidade de Limão (g)	Quantidade de Etanol (g)	Espessura (mm)
50	0	0	0,26
50	0	7,73	0,33
50	0,6	0	0,51
50	0,6	7,73	0,54
70	0	0	0,54
70	0	7,73	0,59
70	0,6	0	0,46
70	0,6	7,73	0,63
60	0,3	3,86	0,41

60	0,3	3,86	0,42
60	0,3	3,86	0,42
60	0,3	3,86	0,34
60	0,3	3,86	0,36

Fonte: Do autor (2022)

4.6. L

Na Tabela 11 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável L com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 11: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem para a variável Luminosidade.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	63,5060	21,1687	0,0247
Resíduo	9	37,3980	4,1553	
Quadrático puro	5	19,9360	3,9872	0,5503
Erro Puro	4	17,4620	4,3655	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 11, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Estimativas dos parâmetros do modelo de 1ª Ordem para a variável Luminosidade.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	50,0541	<0,05
Temperatura (x_1)	0,5875	0,4360
Quantidade Limão (x_2)	-0,8538	0,0797
Quantidade Etanol (x_3)	3,2561	0,0243

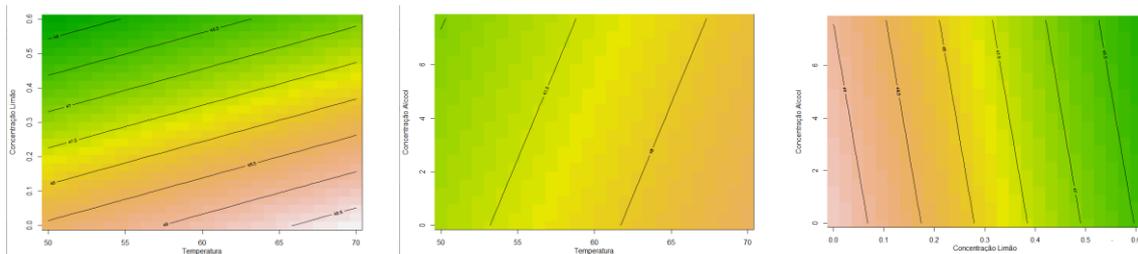
Fonte: Do autor (2022)

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$L = 50,0541 + 0,5875x_1 - 0,8538x_2 + 3,2561x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, podemos então plotar os gráficos de contorno para a resposta (L) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol (Figura 7).

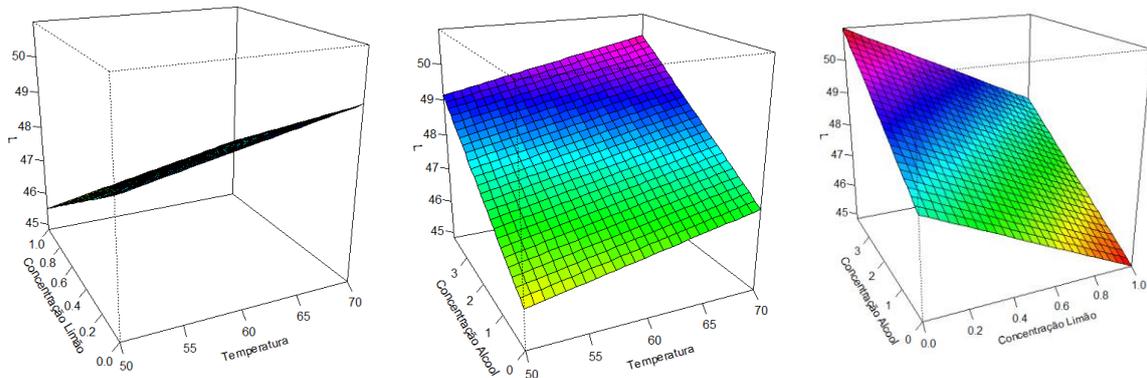
Figura 7: Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

A figura 8 representa a superfície de resposta para a resposta (L) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 8: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Pelas Figuras 7 e 8 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta os maiores níveis de L está na região de altas temperaturas, níveis baixos da quantidade de limão e níveis baixos de quantidade de etanol.

4.7. a

Na Tabela 13 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável a com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 13: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem para a variável a .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	45,9920	15,3307	0,1481
Resíduo	9	60,4980	6,7220	
Quadrático puro	5	24,4550	4,8911	0,7414
Erro Puro	4	36,0430	9,0107	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 13, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Estimativa dos parâmetros do modelo de 1ª Ordem para a variável a .

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	14,5517	<0,05
Temperatura (x_1)	1,9150	0,0662
Quantidade Limão (x_2)	-0,8626	0,1512
Quantidade Etanol (x_3)	-0,3787	0,8091

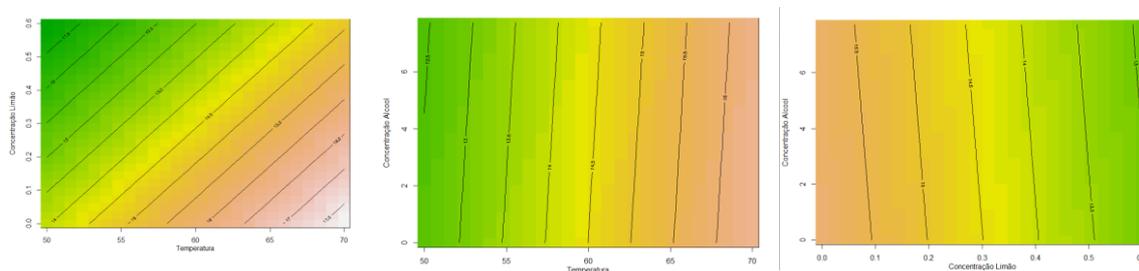
Fonte: Do autor (2022).

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$a = 14,5517 + 1,9150x_1 - 0,8626x_2 - 0,3787x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a figura 9 representa os gráficos de contorno para a resposta (a) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

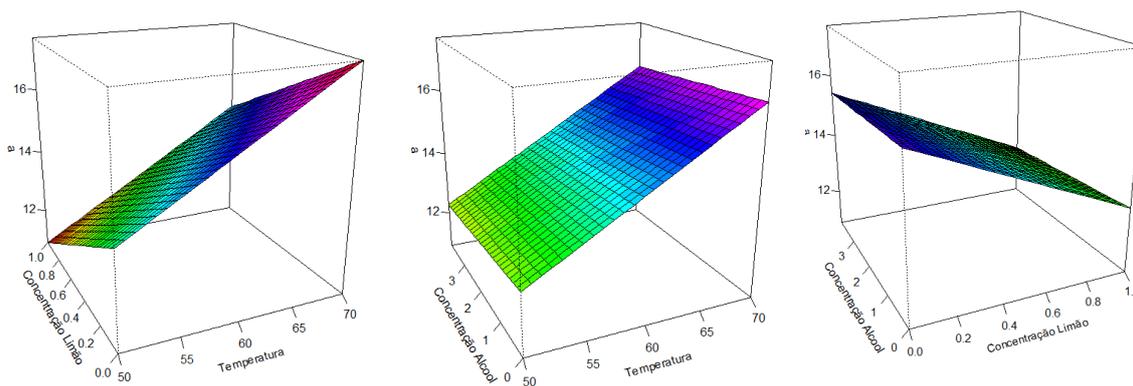
Figura 9: Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022).

A figura 10 representa a superfície de resposta para a resposta (a) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 10: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Pelas Figuras 9 e 10 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta os maiores níveis de a ocorreu nas regiões de níveis baixos da quantidade de limão, níveis intermediários a baixos de quantidade de etanol e níveis altos de temperatura.

4.8. b

Na Tabela 15 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável b com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 15: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem para a variável b .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	46,536	15,5120	0,1969
Resíduo	9	72,733	8,0814	
Quadrático puro	5	65,420	13,0840	0,0398
Erro Puro	4	7,312	1,8281	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 15, o componente do termo quadrático puro foi significativo, isso implica que o modelo de 1ª Ordem não é uma aproximação adequada. A curvatura na real superfície pode indicar que se está próximo do ótimo; assim, análises adicionais devem ser feitas para localizar o ótimo com mais precisão. Nesse ponto, uma análise adicional deve ser feita para localizar o ótimo com mais precisão através do ajuste de um modelo de segunda ordem. Entretanto, a utilização do DCC restringe-se ao ajuste de modelos de primeira ordem.

Apesar do modelo estatístico não ser significativo o parâmetro de cor b apresentou na maioria das amostras, positivo, definindo o parâmetro da cor mais amarela.

4.9.Delta E (ΔE)

Na Tabela 16 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável ΔE com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

Tabela 16: Análise de variância para o modelo de 1ª Ordem para a variável ΔE .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	171,941	57,314	<0,05
Resíduo	9	61,962	6,885	
Quadrático puro	5	43,839	8,768	0,2710
Erro Puro	4	18,122	4,531	

Fonte: Do autor (2022)

Pela tabela 16, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Estimativas dos parâmetros do modelo de 1ª Ordem para a variável ΔE .

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	14,5728	<0,05
Temperatura (x_1)	2,5248	0,0235
Quantidade Limão (x_2)	-1,6501	0,0158
Quantidade Etanol (x_3)	3,3530	0,0588

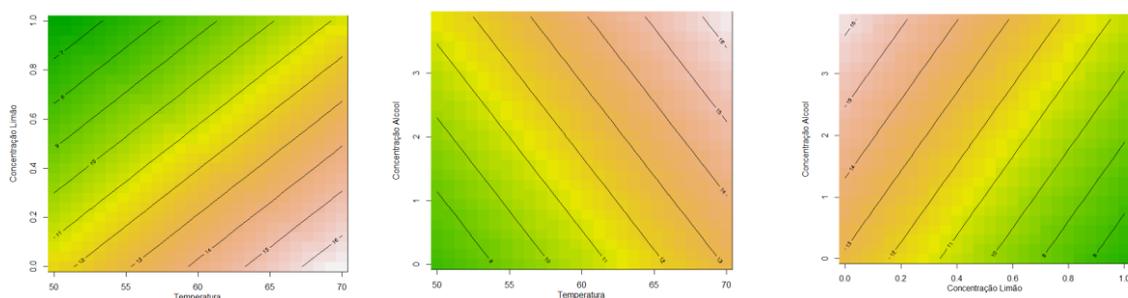
Fonte: Do autor (2022)

O modelo ajustado pode ser expresso por:

$$\Delta E = 14,5728 + 2,5248x_1 - 1,6501x_2 + 3,3530x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a figura 11 representa os gráficos de contorno para a resposta (ΔE) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

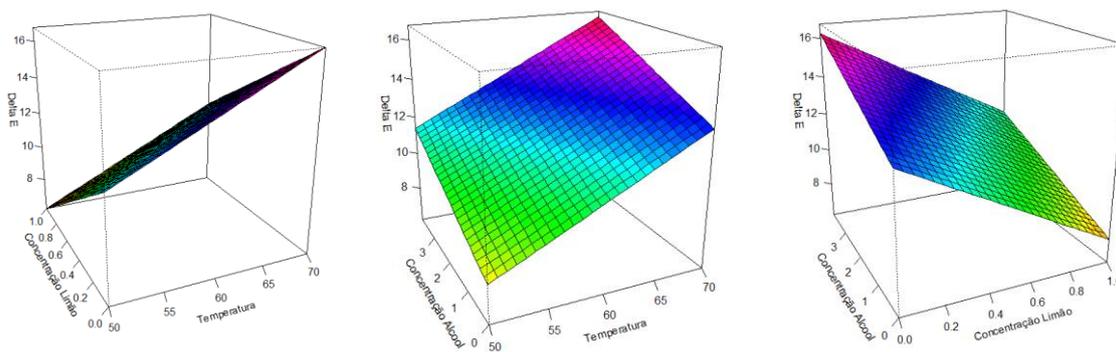
Figura 11: Gráficos de contorno para o modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

A figura 12 representa a superfície de resposta para a resposta (ΔE) em função da temperatura, da quantidade de limão e da quantidade de etanol.

Figura 12: Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.



Fonte: Do autor (2022)

Pelas Figuras 11 e 12 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta os menores níveis de ΔE está na região de baixa temperatura e níveis altos de quantidade de limão, níveis baixos de quantidade de etanol.

5. CONCLUSÃO

O uso de pré-tratamento, com etanol, na polpa de pitaita para a obtenção do couro de fruto é capaz de reduzir o tempo de secagem, umidade e atividade de água. Já para menores diferenças na cor das amostras, são requeridas menores temperaturas, maior quantidade de limão e menor quantidade de etanol.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, Wilson César de et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [s. l], p. 656-661, 18 set. 2012.

ADDAI, Zuhair Radhi et al. Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. **Italian Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 73-82, 2 mar. 2016. Codon Publications. <http://dx.doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v460>. Disponível em: <http://www.itjfs.com/index.php/ijfs/article/view/460>. Acesso em: 20 fev. 2022.

AMARAL, Ana Paula Cardoso do. **Estudo da secagem de maçãs**: utilização de pré-tratamentos. 2014. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/116234/000964536.pdf?sequence=1&isAllOwed=y>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ARRUDA, Guilherme Matheus Pessoa de. **Efeito do pré-tratamento ultrassônico associado a etanol e secagem por infravermelho nos parâmetros de qualidade do mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40865/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Guilherme%20Matheus%20Pessoa%20de%20Arruda.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

AZEREDO, Henriette M. C. et al. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. **International Journal Of Food Science & Technology**, [s. l], v. 41, n. 6, p. 635-638, 27 mar. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01120.x>.

BARBOSA, Frederico Celestino. **Nutrição em foco**: uma abordagem holística. Piracanjuba: Editora Conhecimento Livre, 2019. 452 f. ISBN: 978-65-80226-28-6.

BENITES, Wilberth Magaña et al. Principales características de calidad de las pitahayas (*hylocereus undatus* haworth), frigoconservadas en atmósferas controladas. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, [s. l], v. 15, n. 2, p. 52-57, 2006.

BRUNINI, Maria Amalia; CARDOSO, Saulo Strazeio. QUALIDADE DE PITAIAS DE POLPA BRANCA ARMAZENADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS. **Revista Caatinga**, [s. l], v. 24, n. 3, p. 78-84, set. 2011.

CORRÊA, Jefferson Luiz Gomes et al. The Influence of Ethanol on the Convective Drying of Unripe, Ripe, and Overripe Bananas. **Drying Technology: An International Journal**, [s. l], v. 30, n. 8, p. 817-826, 09 Maio 2012.

FREITAS, Bruna Areia Gonçalves et al. Aspectos químicos, fitoquímicos e funcionais das pitaias *Hylocereus undatus*, *Hylocereus monacanthus* e *Hylocereus megalanthus*: uma revisão / chemical, phytochemical and functional aspects of pitayas *hylocereus undatus*, *hylocereus monacanthus* and *hylocereus megalanthus*. **Brazilian Journal Of Health Review**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 19986-20024, 22 set. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv4n5-123>.

LIM, Hong Kwong et al. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *hylocereus undatus* and *hylocereus polyrhizus*. *Food Chemistry*, [s. l], v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010. 10.1016/j.foodchem.2009.09.002.

LIMA, Cristiane Andréa de. **CARACTERIZAÇÃO, PROPAGAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DE PITAYA COMERCIAL E NATIVA DO CERRADO**. 2013. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

LOPES, Francemir José. SECAGEM CONVECTIVA DE YACON: influência do pré-tratamento osmótico e da temperatura de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 37., 2015, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Enemp, 2015. p. 1-7. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/enemp2015/SE-609.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

MACEDO, Leandro Levate et al. Process optimization and ethanol use for obtaining white and red dragon fruit powder by foam mat drying. **Journal Of Food Science**, [s. l], v. 86, n. 2, p. 426-433, 12 jan. 2021. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15585>.

MASKAN, Aysun; KAYA, Sevim; MASKAN, Medeni. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 54, n. 1, p. 81-88, ago. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774\(01\)00188-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774(01)00188-1).

MATTA, Virginia Martins da et al. **Polpa de fruta congelada**. Rio de Janeiro: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 35 p. Embrapa Agroindústria de Alimentos.

MENESES, Viviana Pereira de et al. Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l], v. 13, n. 4, p. 472-482, 2018. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i4.5810>.

MOTEVALI, Ali et al. Comparison of energy consumption and specific energy requirements of different methods for drying mushroom slices. *Energy*, [S.L.], v. 36, n. 11, p. 6433-6441, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.024>.

NAZ, Rozina. Physical Properties, Sensory Attributes and Consumer Preference of Fruit Leather. **Pakistan Journal of Food Sciences**. 2012; 22 (4): 188-190.

SHARMA, Parul et al. Study on the phytochemical properties of pineapple fruit leather processed by extrusion cooking. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 72, p. 534-543, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.001>.

TORRES, Carolina A.; ROMERO, Luis A.; DIAZ, Ricardo I. Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 62, n. 2, p. 996-1003, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.056>.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R.A.. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, [S.L.], v. 120, n. 3, p. 850-857, jun. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/W>