



Universidade Federal do Ceará
Curso de Engenharia de Alimentos



DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO CONTENDO TOMATE EM PÓ PARA APLICAÇÃO EM MASSAS CONGELADAS

Autores:

Rafael Audino Zambelli

Nathan Hargreaves Nogueira

Samuel Veloso Carneiro

Dyana Carla Lima

Evellheyn Rebouças Pontes

Dorasílvia Ferreira Pontes

Rio de Janeiro – Maio/2017

SUMÁRIO

Introdução -----

Objetivo -----

Metodologia -----

Resultados e Discussão -----

Conclusão -----

INTRODUÇÃO

BUSCA POR UMA ALIMENTAÇÃO
EQUILIBRADA



ALIMENTOS FUNCIONAIS

- Carotenóides (licopeno);
- Tomate (em pó)



PROCESSO DE GLAZEAMENTO

OBJETIVO

Desenvolver soluções de revestimento adicionada de tomate em pó para aplicação em massas congeladas para a produção de pães.

METODOLOGIA

- Delineamento Completo Central Rotacional (DCCR)

Tabela 1. Variáveis e níveis do planejamento experimental.

Níveis codificados e reais das variáveis independentes					
Variáveis independentes	$-\alpha = -1,41$	-1	0	+1	$+\alpha = +1,41$
Tomate em pó* (g)	0	6,25	12,50	18,75	25
Água (mL)	0	25	50	75	100

METODOLOGIA

Tabela 2. Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais.

Ensaio	Tomate em pó	Água	Tomate em pó		Água	
			(g)	(%)	(mL)	(%)
1	-1	-1	6,25	20	25	80
2	+1	-1	18,75	42,86	25	57,14
3	-1	+1	6,25	7,70	75	92,30
4	+1	+1	18,75	20	75	80
5	-1,41	0	0	0	50	100
6	+1,41	0	25	33,33	50	66,67
7	0	-1,41	12,50	100	0	0
8	0	+1,41	12,50	18,4	100	81,6
9	0	0	12,50	20	50	80
10	0	0	12,50	20	50	80
11	0	0	12,50	20	50	80

METODOLOGIA

- Desenvolvimento da solução de glazeamento

Ingredientes:

Água;
Tomate em pó;

Material:

Proveta;
Balança semianalítica;
Bécker de vidro;
Chapa de aquecimento com agitação;
Termômetro digital a laser;
Suporte de vidro e grades.

METODOLOGIA

- Desenvolvimento da formulação de pão tipo forma

Tabela 3. Formulação padrão de pão tipo forma.

Ingredientes (%)	
Farinha de Trigo	100%
Água	58,0 %
Gordura Vegetal Hidrogenada	10,0 %
Açúcar Refinado	5,0 %
Fermento Biológico Seco	3,3 %
Sal	2,0 %

METODOLOGIA

- Desenvolvimento da formulação de pão tipo forma

Método direto;
Porções de aproximadamente 250g;
Moldadas na forma de elipse
Câmara de fermentação;
Forneamento.

METODOLOGIA

Fator de expansão (cm³)

Volume específico (mL/g)

Densidade (g/mL)

**Análise da
Qualidade**

Índice de expansão

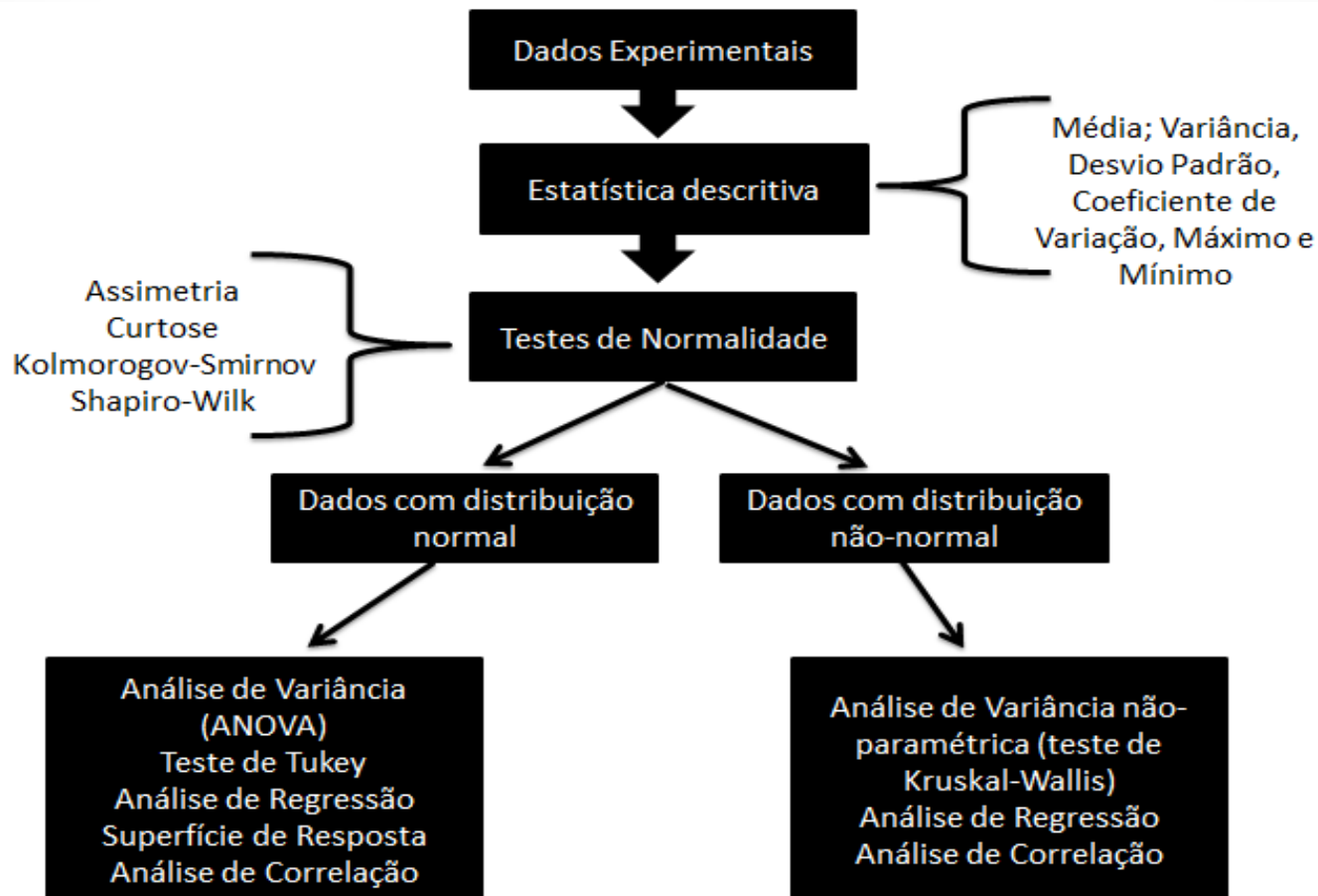
Volume produzido (mL)

Análise da estrutura do miolo
(imagens digitais)

METODOLOGIA

- Análise Estatística

Diagrama. Análises estatísticas realizadas



RESULTADOS E DISCUSSÃO

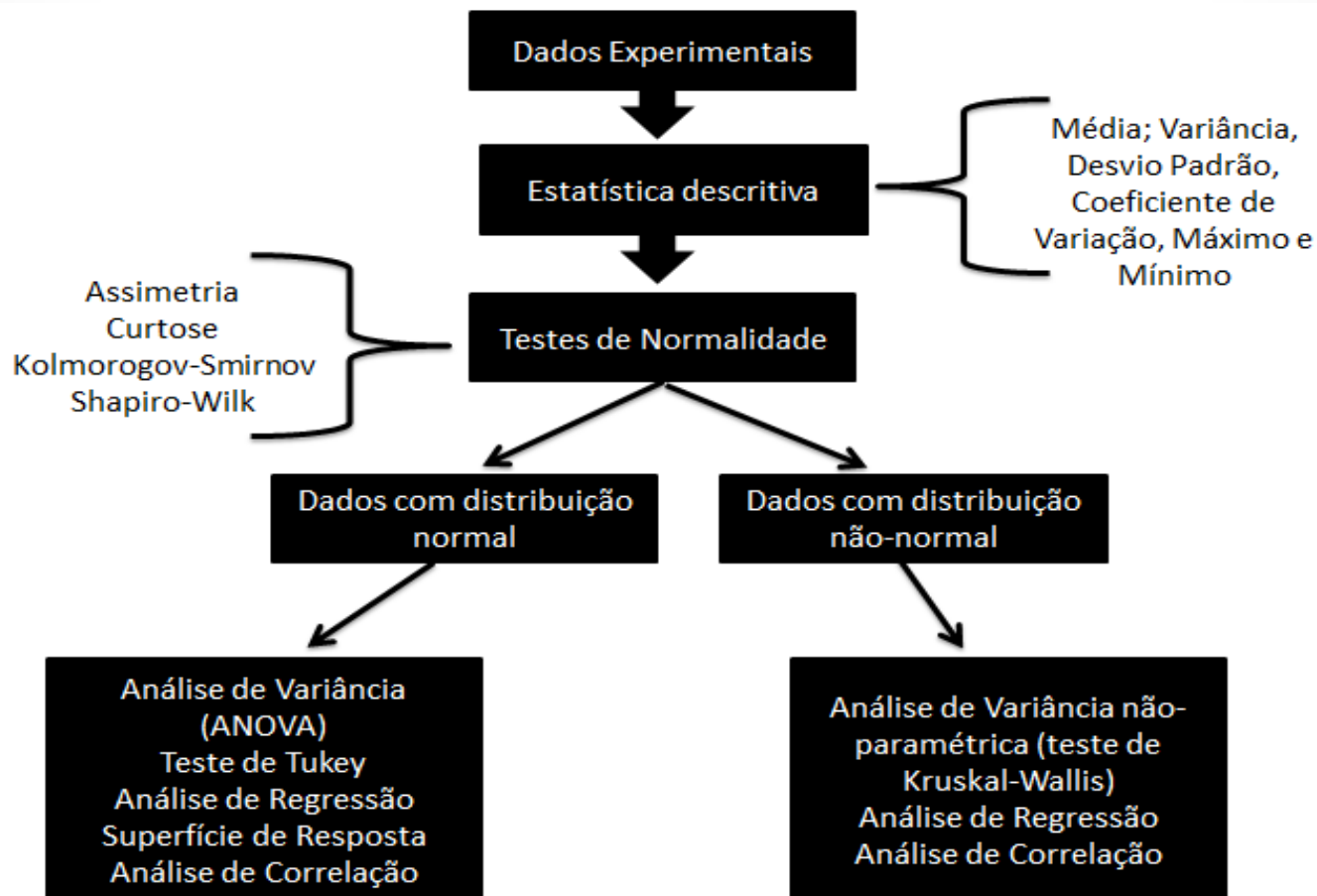
Tabela 4. Estatística descritiva para as variáveis dependentes para soluções de glazeamento contendo tomate em pó e água.

Parâmetros	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Índice de Expansão	Volume Produzido (mL)	Fator de expansão (cm ³)	Nº de alvéolos	Circ. dos alvéolos
Média	3,06	0,33	1,50	23,54	1,92	872,00	0,77
Variância	0,40	0,01	0,03	94,88	0,05	328,23	0,01
Desv. Pad	0,63	0,09	0,18	9,74	0,22	116,00	0,10
C.V	20,76	19,00	12,40	21,36	11,77	13,34	13,58
Máximo	4,15	0,52	1,88	44,00	2,33	1115,00	0,95
Mínimo	2,04	0,19	1,25	8,00	1,49	680,00	0,58

METODOLOGIA

- Análise Estatística

Diagrama. Análises estatísticas realizadas



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 5. Testes de normalidade para as variáveis dependentes para soluções de glazeamento contendo tomate em pó e água. ($p < 0,05$ para K-Smirnov e S-Wilk)

Parâmetros	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Índice de Expansão	Volume Produzido (mL)	Fator de expansão (cm ³)	Nº de alvéolos	Circ. de alvéolos
Assimetria	-0,05	0,35	0,41	0,34	-0,19	0,19	-0,31
Curtose	-1,20	-1,04	-1,09	-0,43	-0,45	-0,24	-0,86
K. – Smirnov	0,158	0,172	0,187	0,109	0,099	0,168	0,144
S. – Wilk	0,934	0,935	0,917	0,958	0,965	0,932	0,950

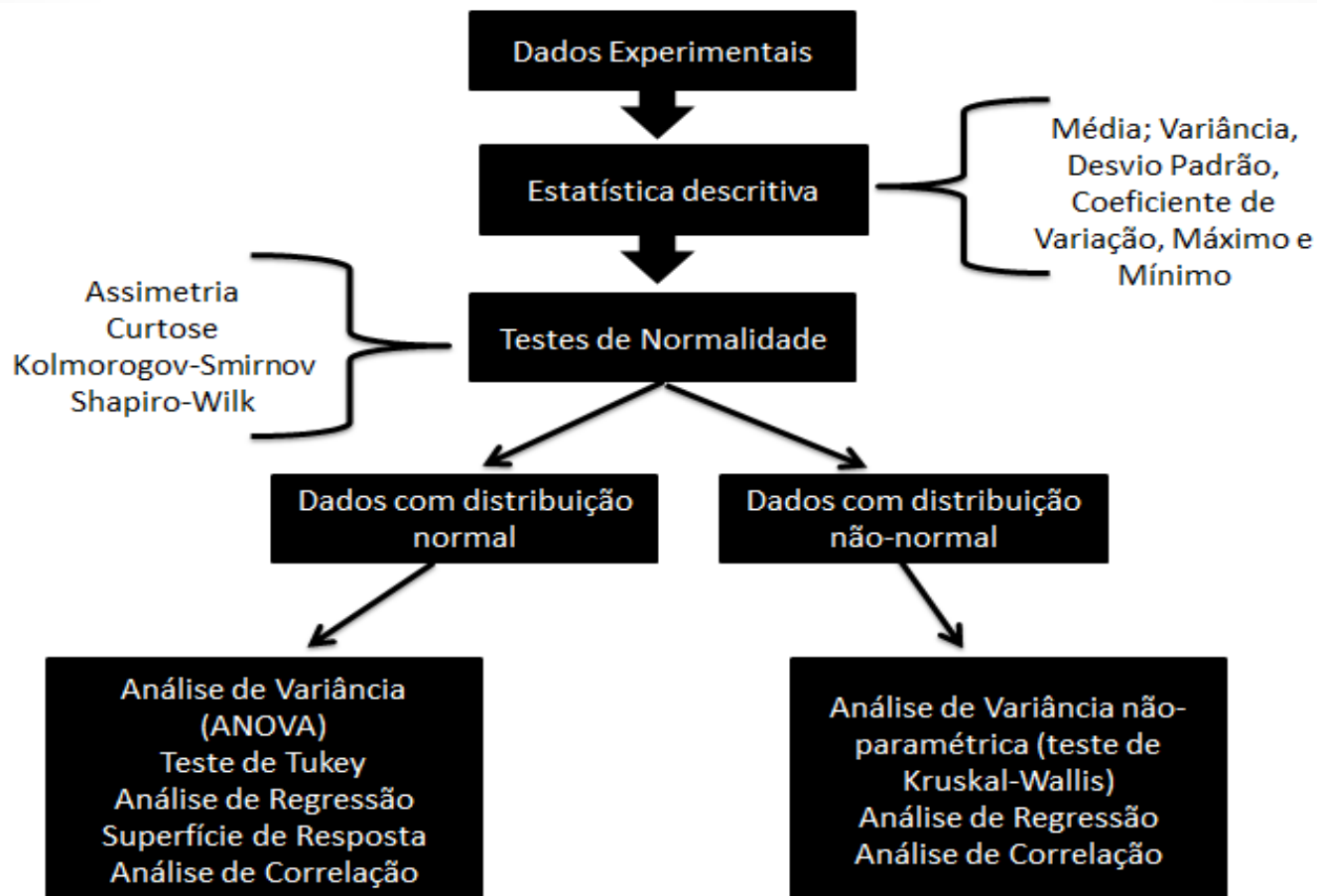
$[-2,2] \rightarrow$ Distribuição Normal

P-valor $> 0,05 \rightarrow$ Distribuição Normal

METODOLOGIA

- Análise Estatística

Diagrama. Análises estatísticas realizadas



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 6. Parâmetros físicos de qualidade dos pães com aplicação de solução de glazeamento contendo tomate em pó e água.

Ensaio	Tomate em pó (g)	Água (mL)	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Índice de Expansão	Volume produzido (mL)
E01	6,25	25	2,42g±0,01	0,41d±0,02	1,35d±0,01	18,33e±0,33
E02	18,75	25	2,33h±0,03	0,45d±0,02	1,30e±0,01	14,66f±0,33
E03	6,25	75	4,10a±0,03	0,20e±0,01	1,85a±0,03	43,00a±0,57
E04	18,75	75	3,05d±0,04	0,32bc±0,01	1,46cd±0,01	21,33d±0,33
E05	0	50	2,05i±0,02	0,51a±0,02	1,26f±0,02	8,33g±0,33
E06	25	50	2,59f±0,03	0,40d±0,01	1,38d±0,02	13,33fg±0,88
E07	12,50	0	3,36c±0,02	0,26f±0,02	1,53b±0,01	26,00c±0,57
E08	12,50	100	2,94e±0,01	0,34b±0,02	1,38d±0,01	21,00d±0,57
E09	12,50	50	3,62b±0,02	0,25ef±0,01	1,69c±0,02	31,00b±0,57
E10	12,50	50	3,62b±0,04	0,24ef±0,01	1,68c±0,01	30,33b±0,33
E11	12,50	50	3,62b±0,02	0,24ef±0,02	1,67c±0,01	31,66b±0,88

* Letras minúsculas iguais na mesma coluna: não há diferença significativa ($p \leq 0,05$)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

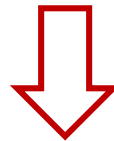
Tabela 7. Parâmetros físicos de qualidade dos pães com aplicação de solução de glazeamento contendo tomate em pó e água.

Ensaio	Tomate em pó (g)	Água (mL)	Fator de Expansão (cm ³)	Nº de alvéolos	Circularidade dos alvéolos
E01	6,25	25	1,86 c ±0,01	770,00 de ±3,00	0,63 e ±0,01
E02	18,75	75	1,71 d ±0,02	733,00 e ±3,00	0,59 f ±0,01
E03	6,25	75	2,32 a ±0,01	1106,00 a ±3,00	0,94 a ±0,01
E04	18,75	75	1,92 bc ±0,01	874,00 c ±2,00	0,83 b ±0,01
E05	0	50	1,50 e ±0,02	682,00 f ±3,00	0,75 c ±0,01
E06	25	50	1,67 d ±0,02	795,00 d ±2,00	0,71 d ±0,01
E07	12,50	0	2,02 b ±0,01	905,00 ab ±3,00	0,78 c ±0,01
E08	12,50	100	1,90 bc ±0,02	891,66 bc ±4,00	0,72 d ±0,01
E09	12,50	50	2,11 ab ±0,02	944,00 b ±3,00	0,86 ab ±0,01
E10	12,50	50	2,08 ab ±0,02	945,00 b ±2,00	0,87 ab ±0,01
E11	12,50	50	2,09 ab ±0,03	945,00 b ±2,00	0,86 ab ±0,01

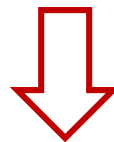
● * Letras minúsculas iguais na mesma coluna: não há diferença significativa ($p \leq 0,05$) ●

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de regressão multivariada



Obtenção de modelo matemático

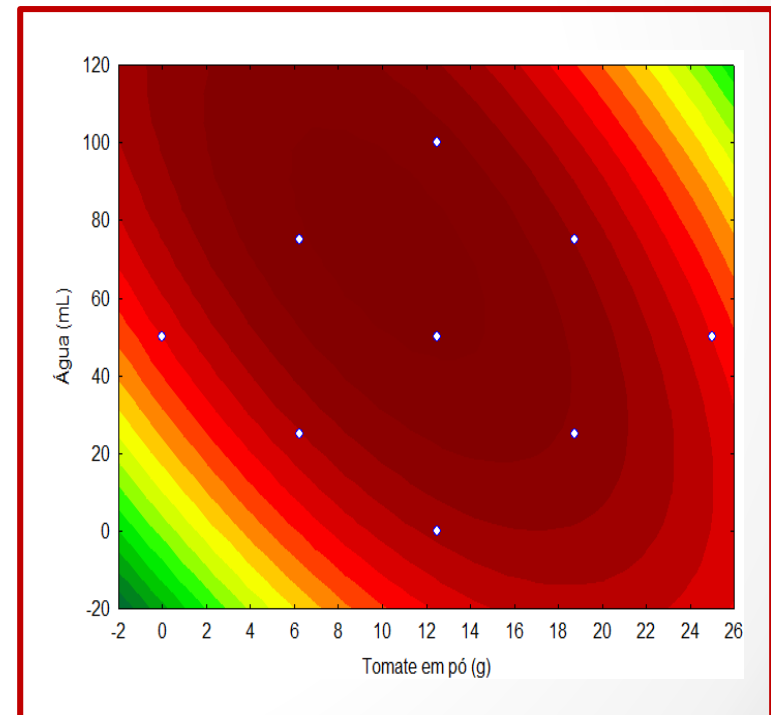
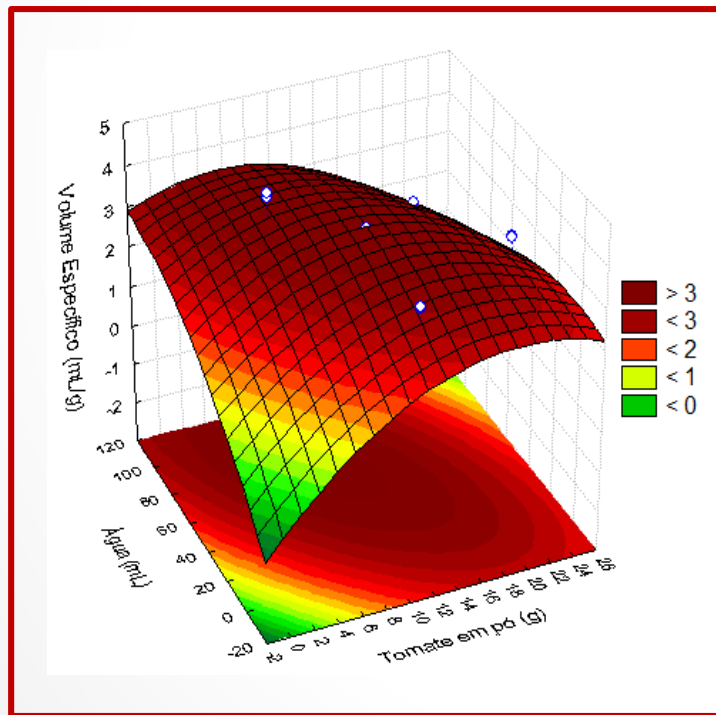


Superfícies de resposta e curvas de contorno

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Volume específico

Figura 1. Efeito da solução de glazamento contendo tomate em pó e água sobre o volume específico dos pães ($R= 0,7429$)



RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Obtenção de uma região de maximização: volumes específicos superiores 3,00 mL/g – água [20,120] / tomate em pó [4,18];
- Comportamento diferente quando comparados aos resultados obtidos por Zambelli (2014);
- Modelo matemático proposto:

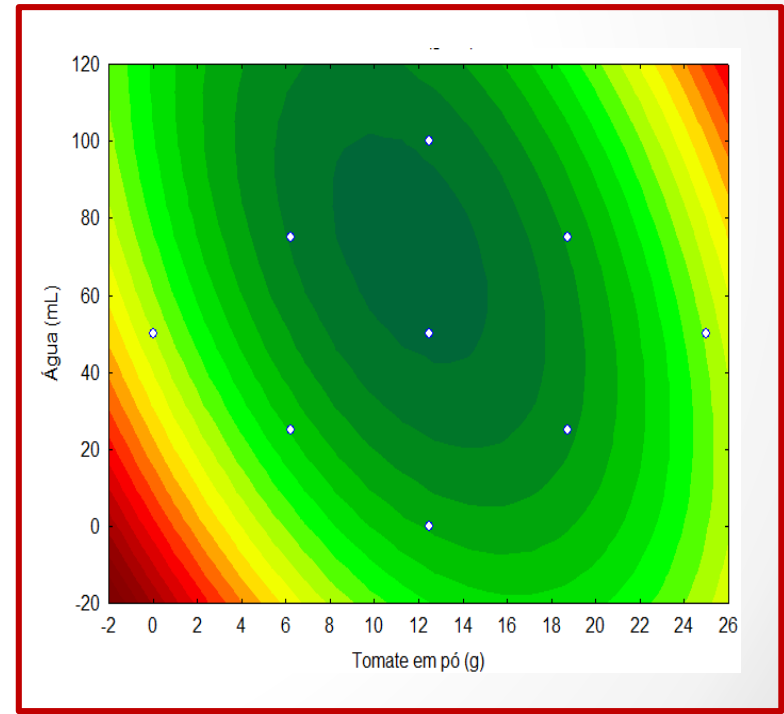
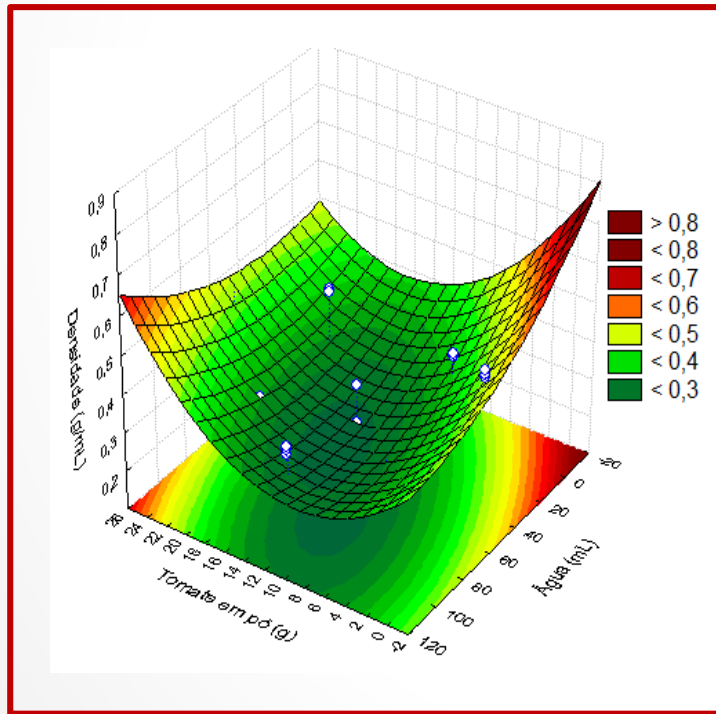
$$\text{Volume específico} = 3,53 - 0,36x(\text{Tomate}) + 0,12x(\text{Tomate})^2 + 0,15x(\text{Água})$$

O volume específico é influenciado linearmente e quadraticamente pelo tomate, mas apenas linearmente pela água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Densidade

Figura 2. Efeito da solução de glazeamento contendo tomate em pó e água sobre a densidade dos pães ($R > 0,70$).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Obtenção de um ponto de mínimo desejável: água: [50,100] / tomate em pó [8,15] → corresponde a densidades inferiores a 0,30 g/mL;


↑ Tomate em pó ↑ Densidade

- Modelo matemático proposto:

$$Densidade = 0,26 + 0,04x(Tomate)^2 - 0,09x(Água)$$

A densidade é influenciado quadraticamente pelo tomate em pó, mas apenas linearmente pela água.

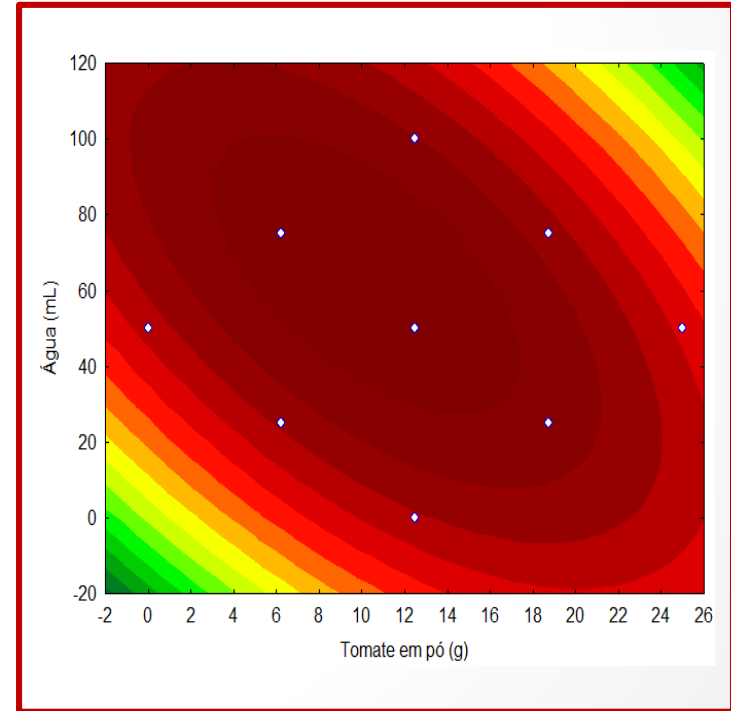
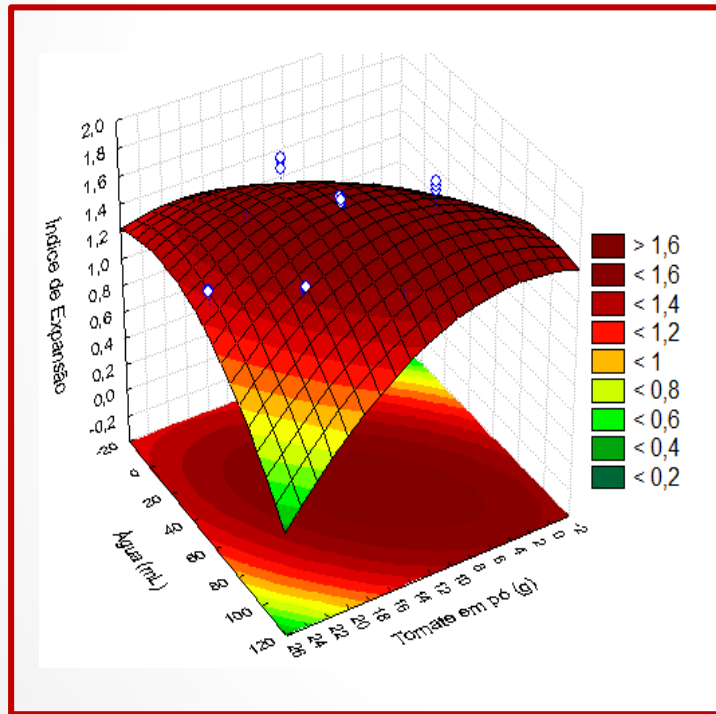
RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Teor de fibras e minerais e a relação com a rede de glúten e a matriz amido-glúten  Densidade
- De acordo com Araújo *et al.* (2009), o conteúdo de fibras de tomate em base úmida é superior a 1,0% e o teor de minerais é de 0,34% → tomate em pó apresenta maiores concentrações;
- Pereira *et al.* (2006): teor de cinzas e umidade 8,48% e 13,85% respectivamente. Zambelli (2014): 4,18% de cinzas;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Índice de Expansão

Figura 3. Efeito da solução de glazeamento contendo tomate em pó e água sobre o índice de expansão ($R = 0,8429$).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Obtenção de uma região de maximização: água [40,100] / tomate em pó [4,18];
- Em pequenas quantidades de tomate em pó e água: redução do índice de expansão;
- Conformação da superfície: massas toleram maiores quantidades de água que tomate em pó;
- Composição (fibras e minerais) e influência do pH sobre a qualidade da massa;
- Zambelli (2014) pH $4,32 \pm 0,02$ e Liu *et al.* (2010) pH 4,10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Modelo matemático proposto:

Índice de expansão

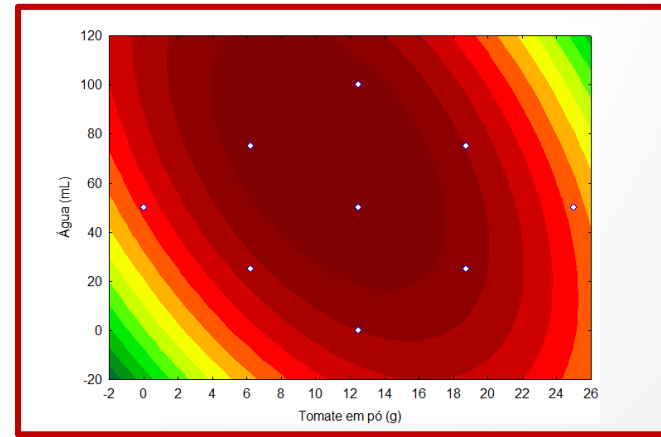
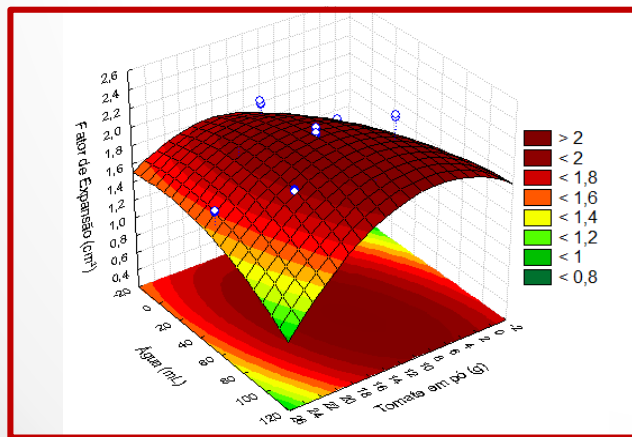
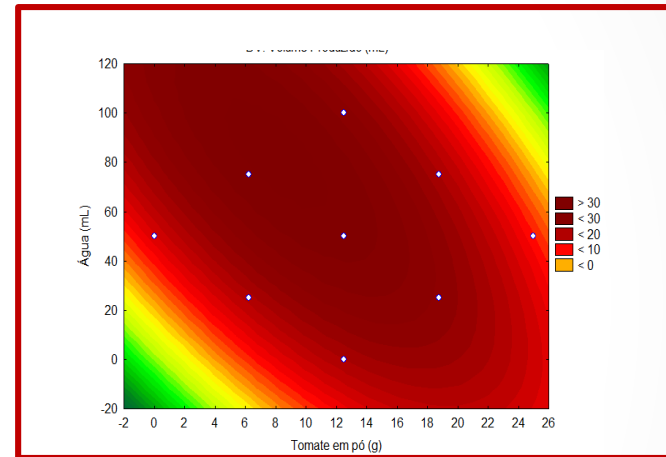
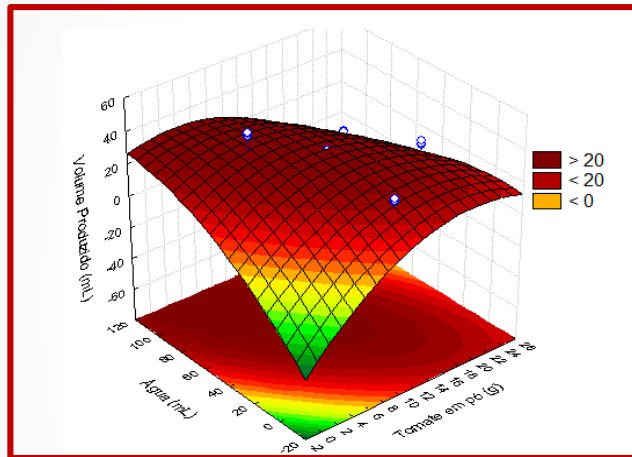
$$= 1,66 - 0,08x(\text{Tomate})^2 - 0,05x(\text{Água}) + 0,08x(\text{Tomate} \times \text{Água})$$

O índice de expansão é influenciado quadraticamente pelo tomate em pó, mas apenas linearmente pela água. Além disso, ocorre interação entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Volume produzido e Fator de Expansão

Figura 4. Efeito da solução de glazeamento contendo tomate em pó e água sobre o volume produzido e sobre o fator de expansão das massas durante a fermentação.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Volume produzido e fator de expansão → superfícies de conformação semelhantes, pois são avaliações distintas de um mesmo fenômeno ($R > 0,8$)



volume de massa durante a fermentação

- Volume produzido: região de maximização – valores acima de 30 mL / tomate em pó [2,16] e água [40,120];

➤ Modelo matemático proposto:

$$\begin{aligned} & \text{Volume produzido} \\ & = 31,10 - 5,04x(\text{Tomate})^2 - 1,88x(\text{Água})^2 + 4,50x(\text{Tomate} \times \text{Água}) \end{aligned}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume produzido é influenciado quadraticamente tanto pelo tomate em pó quanto pela água. Além disso, ocorre interação entre as variáveis.

- Fator de expansão das massas máximo – valores acima de 2,00 cm³/tomate em pó [6,18] e água [20,120];
 - Redução da quantidade de tomate em pó para valores inferiores a 6g → redução do fator de expansão.

 [água]  viscosidade

 Formação de camada espessa na superfície

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Modelo matemática proposto

$$\text{Fator de expansão} = 2,09 - 0,12x(\text{Tomate})^2 + 0,03x(\text{Água})$$

O fator de expansão é influenciado quadraticamente pelo tomate em pó e apenas linearmente pela água

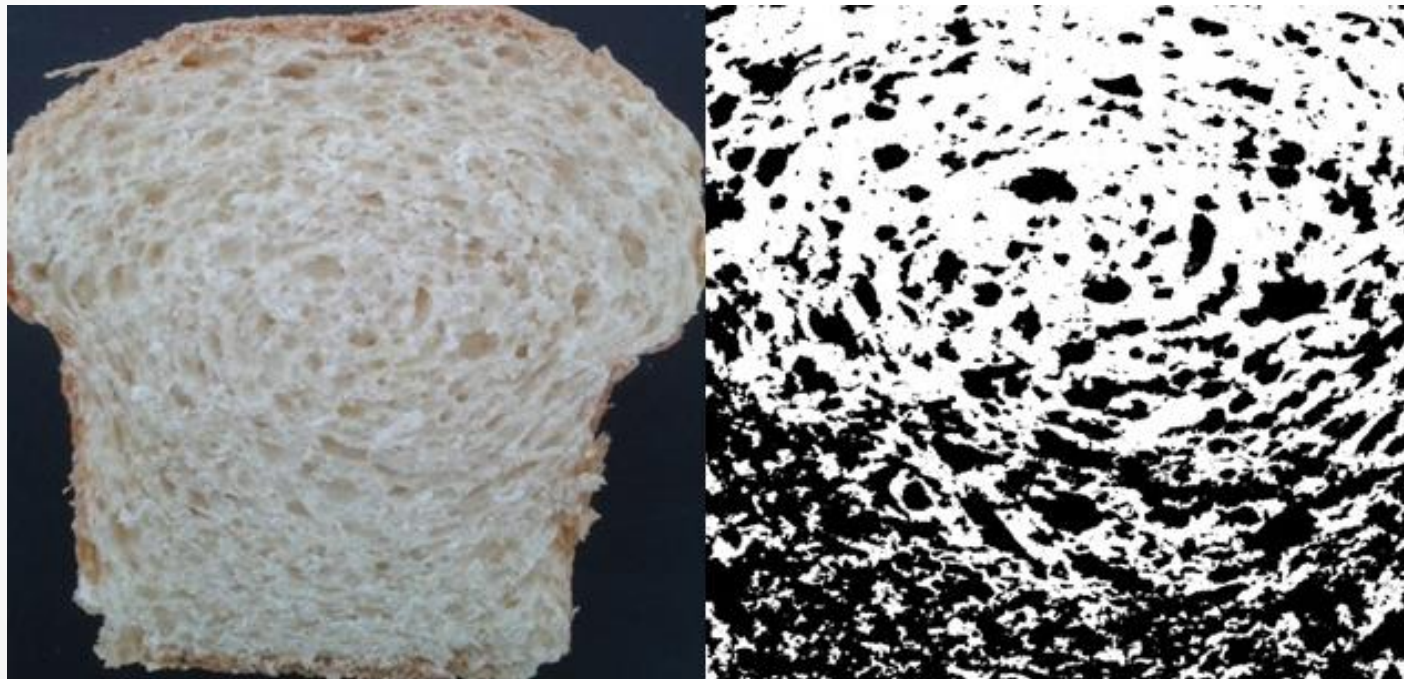


Sugere-se maiores [água] para produzir massas menos viscosas e, assim, evitar problemas de fermentação-expansão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

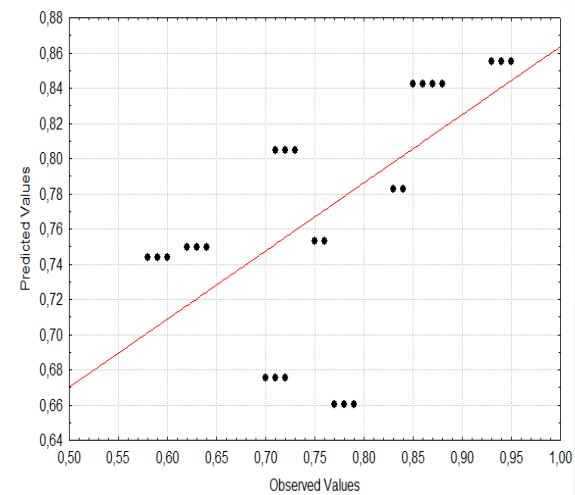
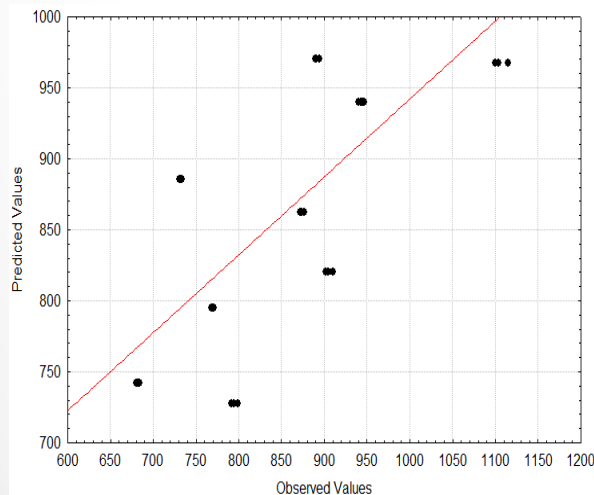
- Análise do miolo

Figura 5. Imagens digitalizadas para análise de miolo



RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Para o número de alvéolos e circularidade dos mesmos não foi possível gerar superfície de respostas e curvas de contorno:
 - Alto número de *outliers*;
 - Baixo índice de correlação: $R < 0,6$
- Dessa forma, essas variáveis não puderam ser contempladas por nenhuma modelagem matemática.



Conclusões

- Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:
 - ✓ O tomate em pó pode ser utilizado como agente carreador de compostos bioativos em soluções de glazeamento/revestimento para massas congeladas;
 - ✓ Estabeleceu-se modelo matemático significativo para as variáveis Volume Específico, Densidade, Índice de Expansão, Volume produzido e Fator de Expansão.

OBRIGADO !