

## Elaboração de pão de forma enriquecido com farinha de quinoa

Preparation of pan bread enriched with quinoa flour

Elaboración de pan de molde enriquecido con harina de quinoa

Recebido: 27/10/2025 | Revisado: 03/11/2025 | Aceitado: 03/11/2025 | Publicado: 06/11/2025

### João Matheus Soares Falcão

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5362-7096>  
Universidade Federal do Pampa, Brasil  
E-mail: [joaofalcao.aluno@unipampa.edu.br](mailto:joaofalcao.aluno@unipampa.edu.br)

### Luiz Henrique Garcia Pires

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8849-8312>  
Universidade Federal do Pampa, Brasil  
E-mail: [luizpires.aluno@unipampa.edu.br](mailto:luizpires.aluno@unipampa.edu.br)

### Leomar Hackbart da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-8788>  
Universidade Federal do Pampa, Brasil  
E-mail: [leomarsilva@unipampa.edu.br](mailto:leomarsilva@unipampa.edu.br)

### Paula Fernanda Pinto da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3296-5347>  
Universidade Federal do Pampa  
E-mail: [paulacosta@unipampa.edu.br](mailto:paulacosta@unipampa.edu.br)

### Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo (FT) por farinha de quinoa (FQ) nas características físico-químicas de pães de forma. Foram elaboradas seis formulações com substituição parcial da (FT) por (FQ) na proporção de: F1 (100:0), F2 (95:5), F3 (90:10), F4 (85:15), F5 (80:20) e F6 (70:30). Foram analisados a umidade, atividade de água (Aa) e cor das farinhas, bem como a perda de peso após o forneamento (PPAF), umidade, Aa, volume específico (VE), textura e cor da crosta e do miolo dos pães. Os resultados indicaram que as farinhas apresentaram umidade entre 12,0 e 13,0%, de dentro dos padrões, e a Aa variou entre 0,53 e 0,64, considerada baixa, o que dificulta o crescimento microbiano. A FQ apresentou ângulo de tonalidade (Hue) de 92,09, com tendência ao amarelo claro, enquanto a FT apresentou Hue de 90,29, tendendo ao branco. A elaboração de pão de forma com adição crescente de FQ não influenciou o VE (3,44 a 4,16 cm<sup>3</sup>/g), mas reduziu a Aa (de 0,94 para 0,93) e aumentou a umidade (de 37,47% para 40,88%), a PPAF (de 7,69% para 8,51%) e a dureza (de 300 gf para 700 gf). Além disso, intensificou a coloração castanha da crosta e amarelo claro do miolo dos pães. A substituição de até 20% de FT por FQ (F5) não influenciou negativamente no VE, na dureza e na cor da crosta e do miolo dos pães, sendo uma alternativa para a produção de pães com potencial de maior valor nutricional.

**Palavras-chave:** *Chenopodium quinoa* Willd; Farinha mista; Panificação; Pseudocereal; Textura instrumental.

### Abstract

This study aimed to evaluate the effect of partially replacing wheat flour (WF) with quinoa flour (QF) on the physicochemical characteristics of loaves of bread. Six formulations were prepared with partial replacement of WF by QF in the following proportions: F1 (100:0), F2 (95:5), F3 (90:10), F4 (85:15), F5 (80:20), and F6 (70:30), respectively. The moisture content, water activity (Wa), and instrumental color of the flours were analyzed, as well as the weight loss after baking (WLAB), moisture, Wa, specific volume (SV), texture, and color of the crust and crumb of the bread. The results indicated that the flours had moisture content between 12.0 and 13.0%, within legal limits, and Wa varied between 0.53 and 0.64, considered low, which hinders microbial growth. QF had a hue angle of 92.09, tending towards light yellow, while WF had 90.29, tending towards white. The preparation of bread with increasing amounts of QF did not significantly alter the SV (3.44 to 4.16 cm<sup>3</sup>/g), but reduced the Wa (from 0.94 to 0.93) and increased the moisture (from 37.47% to 40.88%), WLAB (from 7.69% to 8.51%), and hardness (from 300 gf to 700 gf). In addition, it intensified the brown color of the crust and light-yellow color of the bread crumb. The replacement of up to 20% of WF with QF (F5) did not influence SV, hardness, and crumb color, making it a viable alternative for the production of bread with higher nutritional value potential.

**Keywords:** *Chenopodium quinoa* Willd; Mixed flour; Baking; Pseudocereal; Instrumental texture.

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (HT) por harina de quinua (HQ) en las características físicoquímicas del pan de molde. Se elaboraron seis formulaciones con sustitución

parcial de la (HT) por (HQ) en las siguientes proporciones: F1 (100:0), F2 (95:5), F3 (90:10), F4 (85:15), F5 (80:20) y F6 (70:30). Se analizaron el contenido de humedad, la actividad del agua (Aa) y el color instrumental de las harinas, así como la pérdida de peso después del horneado (PPDH), la humedad, la Aa, el volumen específico (VE), la textura y el color de la corteza y la miga de los panes. Los resultados indicaron que las harinas presentaban una humedad entre el 12,0 y el 13,0 %, dentro de los límites legales, y la Aa variaba entre 0,53 y 0,64, considerada baja, lo que dificulta el crecimiento microbiano. La HQ presentó un ángulo de tonalidad de 92,09, con tendencia al amarillo claro, mientras que la HT presentó 90,29, con tendencia al blanco. La elaboración de pan de molde con adición creciente de HQ no alteró significativamente el VE (3,44 a 4,16 cm<sup>3</sup>/g), pero redujo el Aa (de 0,94 a 0,93) y aumentó la humedad (de 37,47 % a 40,88 %), el PPDH (de 7,69 % a 8,51 %) y la dureza (de 300 gf a 700 gf). Además, intensificó el color marrón de la corteza y el amarillo claro de la miga de los panes. La sustitución de hasta un 20 % de HT por HQ (F5) no influyó en el VE, la dureza y el color de la miga, siendo una alternativa viable para la producción de panes con mayor potencial nutricional.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa* Willd; Harina mixta; Panadería; Pseudocereal; Textura instrumental.

## 1. Introdução

Os produtos de panificação são elaborados, principalmente, a partir da farinha de trigo, que se destaca por conter proteínas responsáveis pela formação da rede de glúten, como a gliadina e a glutenina. Essas proteínas conferem à massa propriedades de viscosidade e elasticidade, resultando em pães com volume, textura e atributos sensoriais característicos. No entanto, a farinha de trigo refinada apresenta baixa concentração de fibras alimentares, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, sendo considerada um ingrediente de elevado valor calórico e baixo aporte nutricional. Diante desse cenário, a indústria de alimentos tem buscado alternativas para melhorar o perfil nutricional dos pães de forma, utilizando farinhas não convencionais e com propriedades funcionais (Moraes & Silva, 2023; Madhumathi, Prashanth, & Inamdar, 2024).

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é um pseudocereal originário da região dos Andes, cultivado há milhares de anos por civilizações pré-colombianas. O grão se destaca pelo seu elevado valor nutricional, rico em carboidratos (77%), proteínas de alto valor biológico (12 a 23%), aminoácidos sulfurados (10,3%), lisina (5,5%), fibra alimentar (10%), lipídios (6%), minerais (3,4%) e vitaminas, como tiamina (3,3 mg/100g), riboflavina (10 mg/100g), niacina (18 mg/100g) e piridoxina (0,6 mg/100g) (Angeli et al., 2022; Song & Tang, 2023).

Estudos demonstram que os polifenóis presentes na quinoa apresentam atividade antioxidante, atuando na diminuição do risco de cardiopatias, aterosclerose, diabetes, doenças de Alzheimer e alguns tipos de câncer. Isso ocorre porque os antioxidantes presentes na quinoa têm a capacidade de sequestrar os radicais livres e se ligar aos íons metálicos, prevenindo o dano oxidativo nas células e tecidos. Os radicais livres são moléculas instáveis que podem realizar reações e causar danos às células, contribuindo para o desenvolvimento de várias doenças (Hernández-Ledesma, 2019; Pereira et al., 2019).

A farinha de quinoa pode ser utilizada como ingrediente na formulação de pães, massas, biscoitos e outros produtos panificados, contribuindo para a melhoria do perfil nutricional desses produtos, pois apresenta elevado valor nutricional, fibras alimentares e compostos bioativos com potencial antioxidante, que têm sido relacionados a efeitos na prevenção de várias doenças, como obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, hipertensão e lesões gástricas (Nowak et al., 2016; Song & Tang, 2023).

A utilização da farinha de quinoa na alimentação humana, na forma direta ou na incorporação desta em produtos de panificação, pode ser uma alternativa viável para incrementar o hábito de seu consumo, além de aumentar o valor nutricional e conferir propriedades funcionais aos produtos. No entanto, a substituição parcial ou total da farinha de trigo por farinha de quinoa pode comprometer as características tecnológicas dos produtos, como na redução do volume específico, no aumento da dureza, alterações na cor e na aceitação sensorial (Eliseeva et al. 2021; Madhumathi et al., 2024). Desta forma, o objetivo com este estudo foi avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de quinoa sobre as características tecnológicas das formulações de pães de forma.

## 2. Metodologia

A abordagem metodológica adotada neste estudo consistiu em uma pesquisa experimental, laboratorial, de natureza qualitativa na avaliação da imagem dos pães e, quantitativa nas equações e valores (Pereira; Shitsuka; Parreira & Shitsuka, 2018) com uso de estatística descritiva com uso de gráficos, classes de dados, valores de média, desvio padrão, frequência absoluta e frequência relativa porcentual (Shitsuka et al., 2014) e análise estatística (Vieira, 2021).

### 2.1 Material e métodos

Os ingredientes utilizados na elaboração dos pães de forma foram: farinha de trigo especial, farinha de quinoa, açúcar refinado, sal refinado, fermento biológico instantâneo, manteiga e ovos, todos adquiridos no comércio local.

### 2.2 Caracterização físico-química das matérias-primas

A farinha de trigo e a farinha de quinoa foram caracterizadas quanto ao teor de umidade, determinada em triplicata, pelo método gravimétrico de secagem em estufa com circulação de ar, a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  por 24 horas, conforme método 44-15A da AACC (2000). A atividade de água das farinhas foi avaliada em triplicata, utilizando-se o analisador de atividade de água por ponto de orvalho, com controle interno da temperatura da amostra, em  $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , modelo - Series 4TE, marca AquaLab Lite.

A coloração das farinhas foi avaliada em triplicata, pelo método de tri estímulos do sistema CIELab, utilizando o colorímetro marca Hunter Lab, modelo Color Quest II. Luminosidade (varia do branco ao preto),  $a^*$  (verde ao vermelho) e  $b^*$  (azul ao amarelo). Os valores de croma e do ângulo de tonalidade foram calculados, respectivamente através das seguintes equações (I) e (II) conforme descrito em Minolta (2007).

$$\text{Croma}^* = [(a^2) + (b^2)]^{1/2} \quad (\text{Equação I})$$

$$\hat{\text{Ângulo de tonalidade}} = \text{atan} [b^*/ a^*] \quad (\text{Equação II})$$

### 2.3 Elaboração das formulações dos pães de forma com diferentes percentagens de farinha de quinoa

Na Tabela 1 encontram-se as seis formulações de pão de forma desenvolvidas com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de quinoa, nas seguintes proporções: F1 (100:0); F2 (95:5); F3 (90:10); F4 (85:15); F5 (80:20) e F6 (70:30). Os demais ingredientes permaneceram constantes nas diferentes formulações, sendo calculados em relação à quantidade total do *blend* de farinha de trigo e farinha de quinoa.

**Tabela 1** – Formulações dos pães de forma com diferentes proporções de substituição da farinha de trigo por farinha de quinoa.

Ingredientes (%)*	F1 (0%)	F2 (5%)	F3 (10%)	F4 (15%)	F5 (20%)	F6 (30%)
Farinha de trigo	100	95	90	85	80	70
Farinha de quinoa	0	5	10	15	20	30
Açúcar refinado	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sal refinado	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Fermento biológico instantâneo	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Manteiga	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Ovos	10	10	10	10	10	10
Água	50	50	50	50	50	50

\* A percentagem dos ingredientes nas formulações é em relação a soma total de farinha de trigo e farinha de quinoa. Fonte: Autores (2025).

A elaboração dos pães foi realizada pelo processo de panificação denominado “massa direta modificada”, sendo preparada uma quantidade de 2000 g de massa para cada formulação. O preparo da massa dos pães consistiu na adição dos ingredientes, farinha de trigo, o açúcar, o sal e a manteiga na amassadeira planetária semi-industrial (marca Venâncio Twister, modelo Vaems-2) e homogeneização por 1 minuto, após adicionou-se o ovo, o fermento biológico e a água aos poucos, mantendo-se a mistura por mais 3 minutos, até a obtenção de uma massa homogênea e o desenvolvimento da rede de glúten.

Após o repouso inicial da massa por 15 minutos, esta foi dividida em porções de 450 g, boleada e coberta por filme plástico. Decorridos mais 10 minutos de repouso, as porções foram modeladas em cilindro e colocada em formas de folha de ferro galvanizado (22 cm x 11 cm) previamente untadas. A fermentação ocorreu em estufa a temperatura de 38°C por aproximadamente 1 hora, até a massa dobrar de volume. O forneamento foi realizado em forno semi-industrial (marca Venâncio Twister, modelo FVT5D) à temperatura de 160°C por 25 minutos. O resfriamento dos pães ocorreu em temperatura ambiente por 1 hora. Em seguida foram embalados em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenados à temperatura ambiente até a realização das análises físico-químicas.

#### **2.4 Avaliação dos pães de forma elaborados com diferentes percentagens de farinha de quinoa**

As análises físico-químicas realizadas nos pães de formas foram a avaliação da perda de peso após o forneamento determinada pela diferença entre o peso da massa crua e o peso da massa assada, utilizando-se balança digital semianalítica, sendo os resultados expressos em porcentagem.

A umidade dos pães de forma foi determinada pelo método 44-15 A da AACC (2000) em triplicata. Realizada em duas fases devido à alta umidade dos produtos de panificação, a primeira fase foi realizada a dessecação das fatias em temperatura ambiente por 24 horas. Na sequência as fatias de pães parcialmente desidratadas a temperatura ambiente foram trituradas e pesou-se três repetições de 10 g de cada formulação e levadas a estufa a 105±1°C por 24 horas. Os resultados foram expressos em porcentagem.

A atividade de água dos pães de formas foi avaliada em triplicata, utilizando-se o analisador de atividade de água por ponto de orvalho, com controle interno da temperatura da amostra, em 25±0,2°C, modelo - Series 4TE, marca AquaLab Lite.

O volume específico dos pães foi determinado pelo método de deslocamento de semente de painço, conforme o método 72-10 da AACC (2000). A análise foi realizada em triplicata e os resultados expressos em cm<sup>3</sup>/g.

O perfil de textura dos pães foi avaliado no texturômetro TC3 Texture Analyzer, marca Brookfield, modelo CT3-4500, utilizando-se a sonda P36, teste normal, força 4,0 g deformação 3mm e velocidade 1,0 mm/s. No primeiro dia após o processamento as amostras dos pães de forma foram fatiadas em fatiador de pães elétrico, marca Braesi e modelo FB-12 com 25 mm de espessura, sendo utilizadas duas fatias centrais de cada pão, totalizando oito repetições em cada formulação, os resultados foram expressos em gf.

A coloração dos pães de forma foi avaliada pelo método de tri estímulos do sistema CIELab, utilizando o colorímetro marca Hunter Lab, modelo Color Quest II. Luminosidade (varia do branco ao preto), a\* (verde ao vermelho) e b\* (azul ao amarelo). Os valores de croma e do ângulo de tonalidade foram calculados, respectivamente através das equações (I) e (II) conforme descrito em Minolta (2007) e apresentadas no item 2.2.

#### **2.5 Análise estatística**

Os ensaios foram conduzidos seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC). A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o software Action Stat (Estatcamp, 2016), avaliando a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para a comparação das médias dos valores encontrados nas avaliações das matérias-primas, considerando um nível de significância de 5%. Em relação aos resultados obtidos nas avaliações das formulações de pão de forma, estes foram

submetidos à ANOVA, sendo que para e as variáveis que apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ), procedeu-se à análise de regressão, com o cálculo dos coeficientes de regressão ( $R^2$ ). Foram considerados adequados os modelos com  $R^2 \geq 0,75$ , os quais serviram de base para a construção dos gráficos e das respectivas linhas de tendência.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Características físico-químicas das matérias-primas

As características físico-químicas das farinhas, tais como umidade e atividade de água influenciam na conservação, enquanto a cor é fator preponderante na intenção de compra das farinhas, além de influenciar quando utilizadas como ingrediente, na coloração dos produtos de panificação (Marak, Purkayastha & Baruah, 2024).

Os resultados das avaliações físico-químicas das farinhas de trigo e de quinoa estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que os valores de umidade das farinhas variaram entre 11,99% e 13,13% e estão de acordo com a RDC N° 711, de 1° de julho de 2022, que estabelece como valor máximo de 15% de umidade para amidos, farinhas e farelos (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022).

A atividade de água representa a quantidade de água livre no produto disponível para que ocorra as reações enzimáticas indesejáveis e o desenvolvimento de microrganismo influenciando na conservação, segurança e qualidade dos alimentos (Contreras-Jiménez, Torres-Vargas, e Rodriguez-Garcia, 2019). Observa-se na Tabela 2 que a atividade de água da farinha de trigo foi de 0,64, enquanto na farinha de quinoa foi de 0,53 indicando atividade de água baixa, o que tem menor probabilidade de crescimento microbiológico nas farinhas e maior período de conservação.

Segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010) o potencial de crescimento de microbiano é apenas quando a atividade de água é superior a 0,60, onde pode ocorrer o desenvolvimento de leveduras osmofílicas (*Saccharomyces rouxii*), e bolores como (*Aspergillus echinulatus* e *Monascus bisporus*), com a atividade de água acima de 0,65 pode ocorrer o desenvolvimento de bolores xerofílicos (*Aspergillus chevalieri*, *A. candidus* e *Wallemia sebi*).

**Tabela 2** - Valores de umidade, atividade de água e parâmetros de cor da farinha de trigo e da farinha de quinoa.

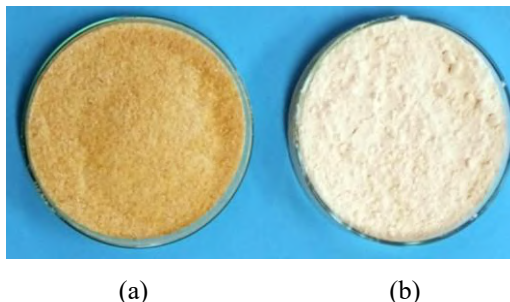
Parâmetros	Farinha de Trigo	Farinha de Quinoa
Umidade (%)	13,13 + 0,11 <sup>a</sup>	11,99 + 0,19 <sup>b</sup>
Atividade de água	0,64 + 0,004 <sup>a</sup>	0,53 + 0,002 <sup>b</sup>
L*	81,46 + 0,22 <sup>b</sup>	83,65 + 0,34 <sup>a</sup>
a*	-0,04 + 0,01 <sup>a</sup>	-0,53 + 0,03 <sup>b</sup>
b*	7,79 + 0,02 <sup>b</sup>	14,32 + 0,12 <sup>a</sup>
Croma	7,79 + 0,02 <sup>b</sup>	14,33 + 0,12 <sup>a</sup>
°Hue	90,29 + 0,08 <sup>b</sup>	92,09 + 0,16 <sup>a</sup>

Valores expressos com a média aritmética de três repetições  $\pm$  desvio padrão seguida de mesma letra minúscula na linha, referente a cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). L\*=Luminosidade; a\*= coordenadas cromáticas a; b\*=coordenada cromática b; Croma = Saturação da cor e Hue=ângulo de tonalidade. Fonte: Autores (2025).

Em relação à cor instrumental, observa-se na Tabela 2 que a farinha de quinoa apresentou valores maiores de L\* (luminosidade) e do parâmetro b\* (intensidade do amarelo), além de valores reduzidos para o parâmetro a\* (intensidade do verde) em comparação aos valores de cor observados da farinha de trigo, cuja coloração tende ao branco. Essas variações nos parâmetros de cor conferem a farinha de quinoa uma tonalidade amarelo-claro, pois apresenta ângulo de tonalidade 92,09, correspondente ao amarelo no espaço de cor (Figura 1). Esta tonalidade característica está associada à presença compostos

bioativos como as betaxantinas e os flavonoides, que contribuem para uma coloração amarelo-alaranjada em farinhas provenientes de variedades de quinoa de coloração amarela (Escribano et al., 2027; Guardianelli, Salinas, Brites e Puppo, 2022).

**Figura 1** - Imagens da farinha de quinoa (a) e da farinha de trigo (b).



Fonte: Autores (2025).

Em estudo realizado por Nobre (2015) que determinou os parâmetros de coloração da farinha de quinoa e observou valores de luminosidade 87,77,  $a^*$  -0,61,  $b^*$  14,04, croma 14,06 e ângulo de tonalidade de 87,52, tendendo a coloração amarelo claro. Em relação a farinha de trigo estudos realizados por Miranda et al. (2019) encontraram os seguintes valores para a luminosidade 93,74,  $a^*$  -0,04,  $b^*$  9,35, croma 9,36 e ângulo de tonalidade 90,46 observando a tendência para a coloração branca, as variações na tonalidade da farinha de trigo estão associadas ao grau de extração da farinha, sendo que farinhas de trigo especial, com taxa de extração de até 78% do grão apresentam coloração branca, devido a maior concentração de amido.

### **3.2 Avaliações dos pães de forma elaborados com diferentes percentagens de farinha de quinoa**

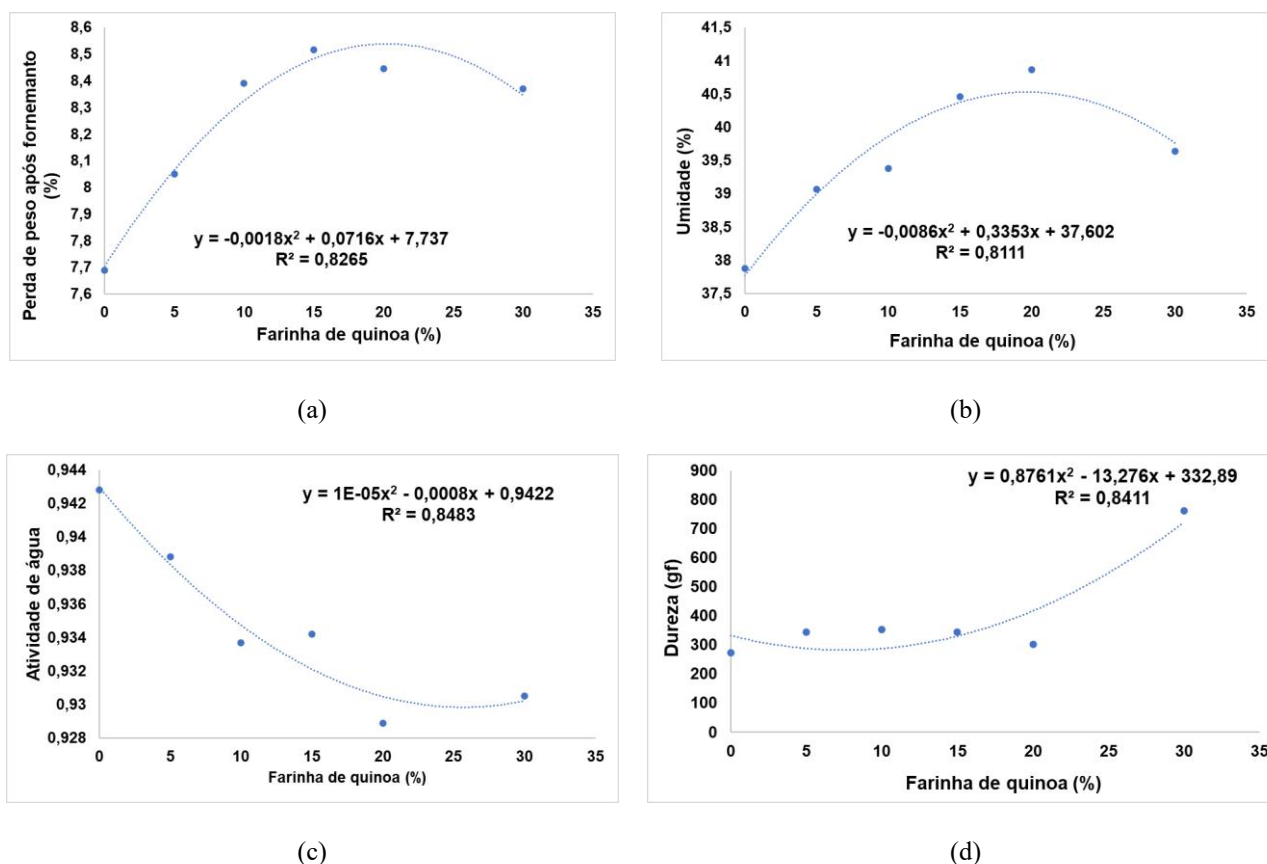
As características físico-químicas dos pães de forma, tais como perda de peso após o forneamento, teor de umidade, atividade de água, volume específico, textura e cor instrumental, interferem tanto nas propriedades industriais, influenciando na padronização e embalagem do produto, quanto na conservação e aceitabilidade dos pães de forma pelos consumidores.

#### **3.2.1 Perda de peso após o forneamento, teor de umidade e atividade de água dos pães de forma elaborados com diferentes percentagens de farinha de quinoa**

O aumento da adição da farinha de quinoa na formulação do pão de forma resultou em intensificação da perda de peso dos pães após o forneamento, em torno de 10,66%, cujos valores variaram entre 7,69% e 8,51% (Figura 2.a). Isso pode ter ocorrido devido a quantidade de lipídeos presente na farinha de quinoa, que apresenta caráter hidrofóbico, favorecendo a evaporação da água na etapa de forneamento e redução do peso dos pães. A perda de peso dos pães após o forneamento não deve ultrapassar 9,0%, uma vez que valores superiores podem indicar um grau de cocção excessivo, comprometendo a qualidade final do produto (Aguirre, Rodriguez, Lopez, Urbina-Castillo & Villanueva, 2021).

Contreras-Jiménez, Torres-Vargas e Rodriguez-Garcia (2019) avaliaram os efeitos da mistura de adição de 5%, 10% e 15% de farinha de quinoa com a farinha de trigo, sob a composição química das farinhas compostas. Os autores observaram aumento nos teores de proteína, lipídios e cinzas nas farinhas compostas, proporcional ao nível de adição de quinoa, resultado atribuído à composição nutricional superior da farinha de quinoa. O acréscimo gradual de lipídios foi associado à sua localização predominante nas células do endosperma e do embrião da quinoa.

**Figura 2** - Resultados da perda de peso após o forneamento (a), valores de umidade (b), de atividade de água (c) e de dureza (d) dos pães de forma elaborados com adição de farinha de quinoa.



Fonte: Autores (2025).

Em relação aos teores de umidade, observa-se que o aumento da adição da farinha quinoa na formulação dos pães promoveu um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) nos valores de umidade, os quais variaram entre 37,47% e 40,88% (Figura 2b). As amostras com adição de farinha de quinoa apresentaram os maiores teores de umidade, ultrapassando o limite de 38% estabelecido pela RDC n° 90, de 18 de outubro de 2000, para produtos de panificação (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2000). Esses valores elevados de umidade influenciam na conservação dos pães, pois favorecem o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, principalmente fungos e leveduras, reduzindo o tempo de prateleira dos pães.

Estudos realizados por Marak et al. (2024) avaliaram o teor de umidade em pães de forma com adição de 20% de farinha de quinoa e observaram que o pão enriquecido apresentou um teor de umidade significativamente superior (39,05%) em comparação ao pão controle (34,79%). Esse aumento no teor de umidade dos pães pode estar relacionado à maior capacidade de retenção de água conferida pelos componentes da farinha de quinoa, especialmente as fibras alimentares e as proteínas.

Na Figura 2c, observa-se que o aumento na adição de farinha de quino na formulação dos pães apresentou efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) na redução da atividade de água dos pães, que variou entre 0,94 e 0,93. Desta forma observa-se que mesmo com o aumento da umidade há uma pequena redução da atividade de água devido a quantidade de proteínas e fibras alimentares presente na farinha de quinoa, assim se ligando a água, que fica indisponível para reações indesejáveis e desenvolvimento de microrganismos. Os valores encontrados em outros trabalhos demonstram que a atividade de água dos

pães é de 0,93 a 0,96, indicando que estes são suscetíveis ao desenvolvimento de microrganismos, principalmente fungos (Quinte et al. 2025).

A atividade de água apresentou valores elevados, sendo necessário adequar o tempo e a temperatura de forneamento para reduzir a umidade e a atividade de água dos pães de forma. Em relação aos pães de forma industrializados a atividade de água é de aproximadamente de 0,85, desta forma é necessário a adição de conservantes, tais como: o propionato de cálcio adicionado na massa e o sorbato de potássio aspergido na superfície dos pães na etapa de embalagem para evitar o desenvolvimento de fungos e leveduras (Rego, Vialta & Madi 2020).

Gostin (2019) ao estudar a substituição de farinha de trigo, farinha integral e farinha de quinoa percebeu que em todas as formulações que continham a farinha de quinoa apresentou a tendência de reduzir a atividade de água dos pães de forma, pois a farinha de quinoa possui maior capacidade de retenção de água do que a farinha de trigo.

### **3.2.2 Volume específico e dureza dos pães de forma elaborados com diferentes percentagens de farinha de quinoa**

Entre as principais características do pão de forma, destacam-se o maior volume específico e a textura macia, atributos que exercem influência direta na aceitação do produto pelos consumidores (Cizeikiene, Gaide & Basinskiene, 2021; Madhumathi et al., 2024). Em relação aos valores de volume específico dos pães de forma, a adição da farinha de quinoa não apresentou influência significativa ( $p \leq 0,05$ ). O coeficiente de regressão obtido foi de 0,68, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, o que impossibilita a apresentação de uma equação representativa.

Após os forneamento os pães de forma apresentaram aproximadamente 400 g de massa e valores médios de volume específico de 3,79+0,20; 3,44+0,32; 3,82+0,13; 3,90+0,01; 3,95+0,04 e 4,16+0,03 cm<sup>3</sup>/g, correspondentes às formulações com adição de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 30% de farinha de quinoa na formulação, respectivamente. Embora não houve diferenças significativa ( $p \leq 0,05$ ) nos valores de volume específico, estudos indicam que a presença de fibras e proteínas provenientes da farinha de quinoa pode interferir na formação da rede de glúten, comprometendo a estrutura da massa e, conseqüentemente, o crescimento do pão de forma durante as etapas de fermentação e forneamento. Esse efeito torna-se mais evidente em formulações com níveis de substituição superiores a 20% da farinha de trigo por farinha de quinoa, devido à diluição do glúten e a alteração na retenção do gás carbônico na etapa de fermentação (Borges et al. 2013, Marak et al. 2024).

Xu et al. (2019), avaliaram o efeito da adição de farinha de quinoa em formulação de pães de forma nas proporções variando de 0% a 15%, observaram perdas significativas de desempenho nos produtos contendo 10% e 15% de adição de farinha de quinoa. Esse resultado foi atribuído à redução no desenvolvimento da rede de glúten, o que comprometeu a elasticidade da massa e resultou em maior porosidade no miolo do pão. Conseqüentemente, a massa apresentou menor capacidade de retenção do dióxido de carbono produzido pelas leveduras durante a fermentação, afetando negativamente o volume e a textura final do produto.

Em relação a textura observa-se na Figura 2d, que a adição da farinha de quinoa nas formulações dos pães de forma aumentou os valores de dureza, que variaram entre 300 gf e 700 gf, apresentando um comportamento quadrático, ou seja, a adição da farinha de quinoa nos pães até a quantidade de 20% não apresentou diferença significativa, mas ao aumentar esse valor para 30% houve um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) de 1,78 vezes a dureza dos pães de forma. Comportamento semelhante foi relatado por Gostin (2019), observando que a adição de farinha de quinoa à formulação dos pães promoveu um aumento nos valores de dureza e redução no volume específico dos pães.

Wang et al (2021) ao analisar os efeitos da adição da farinha de quinoa na textura de pães de forma, também concluíram que não houve alteração significativa na textura ao utilizar até 20% de farinha de quinoa, mas ao utilizar concentrações maiores à 30% e 40 % apresentaram aumento na dureza dos pães, com os seguintes valores encontrados para a dureza na proporção de 0%, 10%, 20%,30% e 40% sendo 239,45; 263,07; 239,66; 347,33 e 692,48 gf, respectivamente.



Estudos realizados por Borges et al. (2013) que avaliaram o efeito da adição de farinha mista nas características tecnológicas dos pães de forma, utilizando a proporção de 0, 10 e 15% de farinha de quinoa, observaram que a adição crescente da farinha de quinoa aumentou os valores de firmeza nos pães de forma, que variou entre 8.123 gf a 10.330 gf. Isso demonstra o enfraquecimento da estrutura da rede de glúten, com prejuízo para a capacidade de retenção de gases provenientes da fermentação reduz o volume específico e aumento os valores de dureza dos pães.

### 3.2.3 Parâmetros de cor instrumental dos pães de forma elaborados com diferentes percentagens de farinha de quinoa

A cor dos produtos de panificação é influenciada pela coloração dos ingredientes utilizados na formulação e pelas condições de forneamento, pois pode ocorrer formação de pigmentos devido a reação de *Maillard* e o processo de caramelização dos açúcares, sendo um atributo importante que influencia na decisão de compras do produto (Paesani, Bravo-Nuñez & Gómez, 2021).

Os parâmetros de cor da crosta dos pães de forma apresentaram variações, após o forneamento, porém não houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos valores do parâmetro  $a^*$  que variou entre 6,17 e 9,99, do parâmetro  $b^*$  que variou entre 12,71 e 14,76 e do croma ( $C^*$ ), que variou entre 15,10 e 17,83, nas diferentes formulações (Figura 3a e Tabela 3). Os modelos de regressão para os parâmetros de cor da crosta dos pães de forma ( $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ ) não foram significativos ( $p < 0,05$ ) dentro das condições estudadas. Os coeficientes de regressão ( $R^2$ ) foram de 0,63; 0,59 e 0,48, respectivamente, indicando falta de ajuste dos modelos aos dados, não sendo possível apresentá-los.

**Tabela 3** - Parâmetros de cor instrumental da crosta e do miolo das diferentes formulações do pão de forma.

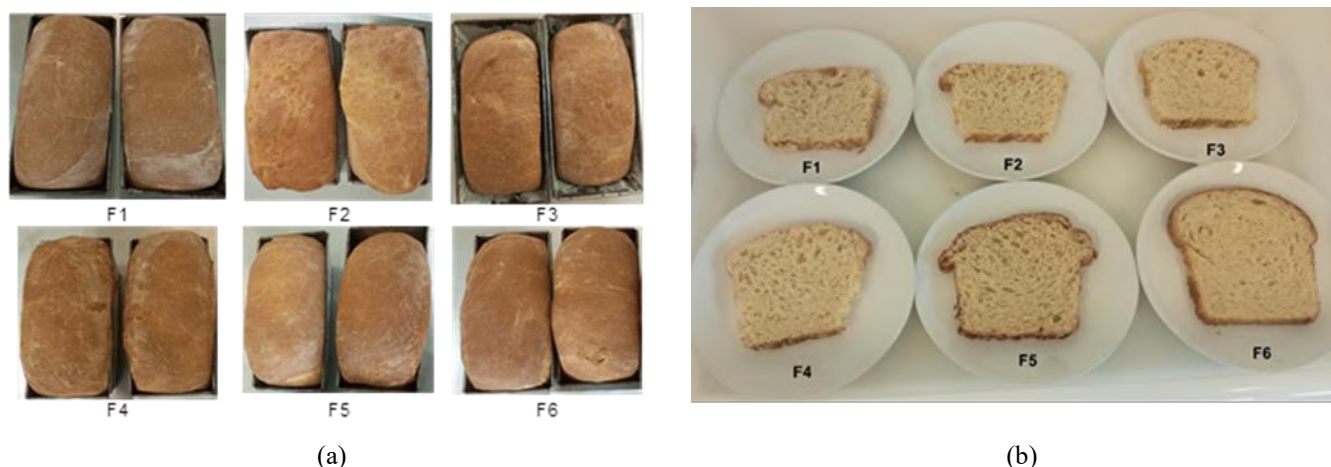
Amostras	Parâmetros	F1 (0%)	F2 (5%)	F3 (10%)	F4 (15%)	F5 (20%)	F6 (30%)
Cor da crosta	$a^*$	7,19±1,11 <sup>ns</sup>	6,17±0,38	7,95±0,60	7,15±0,40	6,28±0,78	9,99±0,49
	$b^*$	15,55±1,85 <sup>ns</sup>	14,76±1,10	15,26±1,38	12,71±0,79	13,44±0,72	14,62±1,62
	Croma	17,08±2,14 <sup>ns</sup>	15,79±1,33	17,36±1,41	15,10±0,71	15,39±0,78	17,83±1,11
Cor do miolo	$a^*$	-1,51±0,22 <sup>ns</sup>	-0,64±0,06	-0,96 ± 0,12	-0,54±0,08	-0,63±0,05	-0,51±0,03
	$b^*$	9,54 ± 1,11 <sup>ns</sup>	8,35 ± 0,35	9,02±0,74	7,56 ± 0,41	9,40 ± 0,46	10,39±0,26
	Croma	9,67±1,12 <sup>ns</sup>	8,37±0,39	9,44±0,74	9,09±1,04	9,42±0,61	10,40±0,26

Valores expressos com a média aritmética de três repetições ± desvio padrão seguida de ns na linha indica que a análise de regressão não apresentou modelo significativo ( $p \leq 0,05$ ). Formulações de pães de forma com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de quinoa, nas seguintes proporções: F1 (100:0); F2 (95:5); F3 (90:10); F4 (85:15); F5 (80:20) e F6 (70:30). Parâmetros de cor:  $a^*$ = coordenadas cromáticas a;  $b^*$ =coordenada cromática b; Croma = saturação da cor. Fonte: Autores (2025).

No entanto, ocorreram variações significativas ( $p < 0,05$ ) nos valores de luminosidade ( $L^*$ ) e do ângulo de tonalidade (Hue) da cor da crosta dos pães de forma, nas diferentes formulações (Figura 4). Observa-se nas Figuras 4(a) e 4(b) que o aumento da adição de farinha de quinoa, reduziu os valores de luminosidade, que variaram de 48,58 a 41,59 e do ângulo de tonalidade que variou de 70,44 a 54,00, intensificando a coloração castanho da cor da crosta dos pães de forma. Os modelos de regressão para os parâmetros de cor da crosta dos pães de forma ( $L^*$  e Hue) foram significativos ( $p < 0,05$ ) dentro das condições estudadas. Os coeficientes de regressão ( $R^2$ ) foram de 0,78 e 0,77, respectivamente, indicando um bom ajuste do modelo aos dados, garantindo a validade das predições efetuadas. Os modelos completos de 2ª ordem estão apresentados nas Figuras 4a e 4b.

Essa alteração na cor pode estar relacionada aos pigmentos naturalmente presentes na farinha de quinoa, bem como ao seu elevado teor de proteínas, os quais, durante o processo de forneamento, favoreceram o desenvolvimento da reação de *Maillard*, contribuindo para o escurecimento da crosta dos pães (Contreras-Jiménez et al. 2019; Marak et al. 2024).

**Figura 3** - Aparência da crosta e do miolo dos pães de forma elaborados com diferentes porcentagens de farinha de quinoa



Formulações de pães de forma com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de quinoa, nas seguintes proporções: F1 (100:0); F2 (95:5); F3 (90:10); F4 (85:15); F5 (80:20) e F6 (70:30). Fonte: Autores (2025).

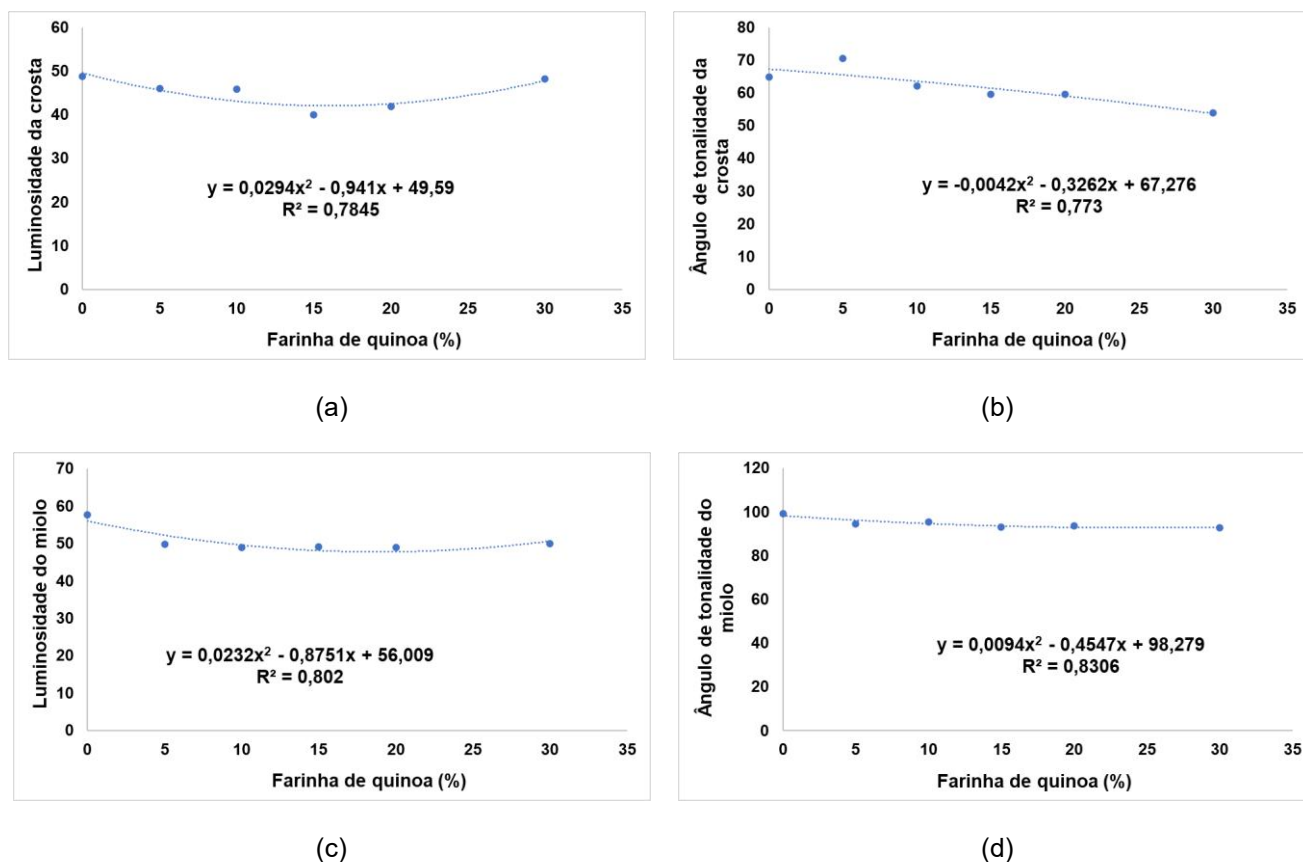
Em relação aos parâmetros de coloração do miolo dos pães de forma elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de quinoa. Observa-se na Tabela 3, que o aumento da adição de farinha de quinoa não apresentou diferença significativa entre os valores do parâmetro  $a^*$  da cor que variou de -1,51 a -0,51, do parâmetro  $b^*$  de 10,39 a 7,56, do croma que variou de 10,40 a 8,37, apresentando coloração com tendência ao amarelo claro. Os modelos de regressão para os parâmetros de cor do miolo dos pães de forma ( $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ ) não foram significativos ( $p < 0,05$ ) dentro das condições estudadas. Os coeficientes de regressão ( $R^2$ ) foram de 0,72; 0,65 e 0,34, respectivamente, indicando falta de ajuste dos modelos aos dados, não sendo possível apresentá-los.

No entanto, ocorreram variações significativas ( $p < 0,05$ ) nos valores de luminosidade ( $L^*$ ) e do ângulo de tonalidade (Hue) da cor do miolo dos pães de forma, nas diferentes formulações (Figura 4). Observa-se nas Figuras 4c e 4d que o aumento da adição de farinha de quinoa, reduziu os valores de luminosidade, que variaram de 57,64 a 48,90 e do ângulo de tonalidade que variou de 99,08 a 92,85 conferindo coloração amarelo-clara ao miolo dos pães de forma mais intensa que a tonalidade observada na formulação controle.

Os modelos de regressão para os parâmetros de cor do miolo dos pães de forma ( $L^*$  e Hue) foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) dentro das condições estudadas. Os coeficientes de regressão ( $R^2$ ) foram de 0,80 e 0,83, respectivamente, indicando um bom ajuste do modelo aos dados, garantindo a validade das predições efetuadas. Os modelos completos de 2ª ordem estão apresentados nas Figuras 4c e 4d.

A alteração na coloração dos pães de forma provavelmente ocorreu devido à presença dos pigmentos como as betaxantinas, encontradas na farinha de quinoa, que apresenta coloração amarelo-alaranjada. Além disso, a adição de ovos nas formulações pode ter intensificado a coloração amarelo-claro do miolo, devido aos carotenoides presentes na gema. A ocorrência de reações de escurecimento não enzimático, como a reação de *Maillard*, e a caramelização dos açúcares durante o processo de forneamento, que acentuaram a coloração amarelo-escuro da crosta e reforçaram o tom amarelo-claro do miolo nas diferentes formulações (Figura 3b) (Escribano et al., 2027; Marak et al. 2024).

**Figura 4** – Parâmetros de cor instrumental da coloração da crosta: Luminosidade (a) e ângulo de tonalidade (b) e da cor do miolo luminosidade (c) e ângulo de tonalidade (d) das formulações de pães de forma enriquecidos com farinha de quinoa



Fonte: Autores (2025).

Gewehr (2010) analisou a coloração do miolo dos pães de forma com adição de quinoa, na proporção de 0%, 10%, 15% e 20%, encontrando diferença significativa nos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , mas não houve diferença entre a luminosidade dos pães e salientou que a coloração do miolo do pão sofre influência dos ingredientes que são utilizados durante a panificação.

Contreras-Jiménez, Torres-Vargas e Rodriguez-Garcia (2019) avaliaram os efeitos adição de 5%, 10% e 15% de farinha de quinoa em formulações de pães elaboradas com a farinha de trigo, sob os parâmetros de cor do miolo e da crosta dos pães de forma. Os autores observaram redução nos valores de luminosidade e aumento nos valores de  $a^*$  e  $b^*$  da cor tanto no miolo como na crosta dos pães, proporcional ao nível de adição de farinha de quinoa, resultado atribuído ao maior teor de proteínas, reação de *Maillard*, maior atividade da enzima alfa amilase e aos pigmentos presentes na farinha de quinoa, como os carotenoides, clorofila e lignina que influenciaram na cor da farinha, do miolo e da crosta dos pães de forma.

#### 4. Considerações Finais

Em relação as características físico-químicas das matérias-primas observam-se que as farinhas apresentaram teor de umidade entre 12,0 e 13,0% de dentro dos limites estabelecidos pela legislação, e a Aa variou entre 0,53 e 0,64, considerada baixa, o que dificulta o crescimento microbiano e aumenta o tempo de conservação. Em relação aos parâmetros de cor a farinha de quinoa apresentou ângulo de tonalidade (Hue) de 92,09, com tendência ao amarelo claro, devido a presença de pigmentos como as betaxantinas, enquanto a farinha de trigo apresentou Hue de 90,29, tendendo ao branco, devido a maior concentração de amido.

A elaboração de pães de forma com adição crescente da farinha de quinoa, não influenciou nos valores de volume específico. Porém, houve aumento nos valores de umidade, na perda de peso após o forneamento e nos valores de dureza, nas diferentes formulações. Além disso, intensificou a coloração castanho da crosta e amarelo claro do miolo dos pães de forma.

A substituição da farinha de trigo por até 20% de farinha de quinoa não influenciou as características tecnológicas dos pães, tais como: no volume, na dureza e na cor da crosta e do miolo sendo uma alternativa para elaboração de pão de forma com maior potencial de valor nutricional.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), ao curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, a Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação e ao Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Grãos e Produtos Amiláceos da UNIPAMPA – Campus Itaqui, pelo apoio institucional, que viabilizou a realização da pesquisa e elaboração desse artigo.

## Referências

- Aguirre, E., Rodriguez, G., León Lopez, A., Urbina-Castillo, K., & Villanueva, E. (2021). Incorporation of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) in cereal flour mixtures: Rheology and quality of sliced bread. *Dyna*, 88(216), 109–116. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n216.87504>
- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (9ª ed., Vol. 2).
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönniger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the "golden grain" and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2), 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2000). RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000: *Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão*. Diário Oficial da União, <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/>. Brasília, DF.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2022). RDC nº 771, de 1º de julho de 2022. *Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães*. Diário Oficial da União. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-711-de-1-de-julho-de-2022-412858964>. Brasília, DF.
- Borges, J. T. S., et al. (2013). Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(3), 305–319. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v15n3p305-319>
- Cizeikiene, D., Gaide, I., & Basinskiene, L. (2021). Effect of lactic acid fermentation on quinoa characteristics and quality of quinoa-wheat composite bread. *Foods*, 10(1), 171. <https://doi.org/10.3390/foods10010171>
- Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O. L., & Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, 298, 124982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>
- Coşovanu, I., Ungureanu-Iuga, M., & Mironeasa, S. (2021). Investigation of quinoa seed fractions and their application in wheat bread production. *Plants*, 10(10), 2150. <https://doi.org/10.3390/plants10102150>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2010). *Química de alimentos de Fennema* (4ª ed.). Artmed.
- Eliseeva, L., Kokorina, D., Zhirkova, E., Nevskaya, E., Goncharenko, O., & Othman, A. (2021). Using functional quinoa ingredients for enhancing the nutritional value of bakery products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(2), 022072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022072>
- Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L., García-Carmona, F., & Gandía-Herrero, F. (2017). Caracterização de betalaínas, saponinas e poder antioxidante em variedades de quinoa de cores diferentes (*Chenopodium quinoa*). *Food chemistry*, 234, 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.187>
- Estatcamp. (2016). *Software Action Stat. Estatcamp – Consultoria em Estatística e Qualidade*.
- Gewehr, M. F. (2010). *Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos].
- Gostin, A. I. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with whole meal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. *LWT – Food Science and Technology*, 114, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412>
- Guardianelli, L., Salinas, M., Brites, C., & Puppo, M. (2022). Germinação de sementes de quinoa branca e vermelha: Melhoria da qualidade nutricional e funcional de farinhas. *Foods*, 11. <https://doi.org/10.3390/foods11203272>

- Hernández-Ledesma, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of nutrients and bioactive compounds: A review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2(3), 27–47. <https://doi.org/10.31989/bchd.v2i3.556>
- Madhumathi, R., Prashanth, K., & Inamdar, A. (2024). Efeito da farinha de trigo composta com fração de quinoa rica em nutrientes no desenvolvimento de produtos. *Journal of food science and technology*, 62 1, 134-143. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-06016-x> .
- Marak, N., Das, P., Purkayastha, D., & Baruah, L. (2024). Effect of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) flour supplementation in breads on the lipid profile and glycemic index: an in vivo study. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1341539>.
- Minolta Co., Ltd. (2007). *Color Communication: Color control from feeling to instrumentation*. Minolta.
- Miranda, M. Z. de, et al. (2019). Relação entre cor da farinha e do miolo do pão com qualidade tecnológica de trigo. In *12ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale*, Passo Fundo. Ata e Resumos (pp. 535–539). Passo Fundo.
- Moraes, E. M., & Silva, L. H. (2023). Substituintes da farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação sem glúten – uma revisão. *Research, Society and Development*, 12(3), e3512328931. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1815>
- Nobre, A. R. M. O. (2015). *Utilização de farinha de quinoa no desenvolvimento de pães sem glúten*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho].
- Nowak, V., Du, J., & Charrondiére, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Paesani, C., Bravo-Núñez, A., & Gómez, M. (2021). Effect of stabilized wholegrain maize flours on the quality characteristics of gluten-free layer cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 135, 109959. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109959>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia\\_Pesquisa-Cientifica](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia_Pesquisa-Cientifica).
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Quinte, L., Valderrama, I., & Best, I. (2025). Evaluation of the effect of improvers: Psyllium and xanthan gum in bread loaf with partial replacement of quinoa flour. *Foods*, 14(418). <https://doi.org/10.3390/foods14030418>
- Rego, R. A., Vialta, A., & Madi, L. F. C. (2020). *Pães industrializados: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade* (1ª ed.). São Paulo: Abimapi/Ital.
- Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. (2.ed). Editora Érica.
- Song, J., & Tang, Y. (2023). Effect of extrusion temperature on characteristic amino acids, fatty acids, organic acids, and phenolics of white quinoa based on metabolomics. *Food Research International*, 169, 112761. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112761>
- Vieira, S. (2021). *Introdução à bioestatística*. Editora GEN/Guanabara Koogan.
- Wang, X., et al. (2021). Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 119, 106840. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106840>
- Xu, X., et al. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 294, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>