



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**QUINOA E AMARANTO: ASPECTOS GERAIS, HÁBITO DE COMPRA E
CONSUMO E CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DOS GRÃOS**

DAVI SCHMIDT

ARARAS

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**QUINOA E AMARANTO: ASPECTOS GERAIS, HÁBITO DE COMPRA E
CONSUMO E CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DOS GRÃOS**

DAVI SCHMIDT

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES

COORIENTADORA: Profa. Dra. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI

COORIENTADOR: Prof. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL.**

ARARAS

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Davi Schmidt, realizada em 31/03/2021.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges (UFSCar)

Profa. Dra. Mariana Altenhofen da Silva (UFSCar)

Profa. Dra. Paula Porrelli Moreira da Silva (ESALQ/USP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

Schmidt, Davi

Quinoa e amaranto: aspectos gerais, hábito de compra e consumo e cinética de hidratação dos grãos / Davi Schmidt -- 2021.
114f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos,
campus Araras, Araras.

Orientadora: Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges.

Banca Examinadora: Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges,
Mariana Altenhofen da Silva, Paula Porrelli Moreira da Silva.

Bibliografia

1. Alimentos funcionais. 2. Absorção de água. 3. Perfil de consumidor.
I. Schmidt, Davi. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecária responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8

7083

*“Nosotros somos como los granos de quinua.
Si estamos solos, el viento lleva lejos. Pero si
estamos unidos en un costal, nada hace el
viento. Bamboleará, pero no nos hará caer.”*

Dolores Cacuango, líder indígena

AGRADECIMENTOS

Ao concluir mais uma importante etapa na minha vida acadêmica, gostaria de deixar meus agradecimentos a todos que estiveram ao meu lado, permitindo-me chegar até aqui. Sem vocês, tudo seria mais complicado, especialmente cursar uma pós-graduação em meio a uma pandemia.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a minha família, que me apoiou desde o início. À minha mãe, Eleni, pela confiança, motivação e afeto. Ao meu pai, Flávio, pela leitura, revisão do texto, sugestões e auxílio na interpretação dos dados do terceiro capítulo. À minha irmã, Sofia, pela paciência e disponibilidade, principalmente por elaborar as ilustrações desta dissertação e ajudar na conferência das referências bibliográficas, numeração de páginas e na revisão e tradução do texto. Aos meus tios, Lenita e Luiz, e aos meus avós, Bruno e Maria Helena, pela força e apoio. À Frida, pela companhia e alegria proporcionadas durante o isolamento social.

Aos professores Dra. Maria Teresa Ribeiro Borges (Teca), Dra. Marta Verruma e Dr. Victor Forti, pela orientação, apoio, confiança e, principalmente, pela motivação ao conduzir a dissertação remotamente.

Aos professores Dra. Mariana Altenhofen, Dra. Paula Porrelli e Dr. Luiz Norder, pela participação nas bancas examinadoras e pelas sugestões na correção deste trabalho, tanto na qualificação como na defesa. Às professoras Dra. Marta Spoto, Dra. Nataly Toledo e Dra. Patrícia Marluci, pela atenção e disponibilidade em aceitar a suplência nas bancas examinadoras.

À coordenadora do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR), Profa. Dra. Anastácia Fontanetti, pelo comprometimento com o Programa e com os alunos.

A todos os demais professores que tive ao longo do curso, pelos ensinamentos, comprometimento e dedicação: Dra. Adriana Montebello, Dra. Adriana Sais, Dr. Agustín Hernández, Dr. Fabrício Rossi, Dra. Janice Placeres, Dra. Lucimar de Abreu, Dra. Marta Marjotta, Dra. Priscilla Loiola, Dra. Renata Evangelista e Dr. Ricardo Fujihara.

À Secretária do PPGADR, Cris, pelo carinho, atenção e paciência.

A todos os meus colegas que conheci no mestrado e que moraram comigo na república, agradeço pela amizade e apoio: Amarilys, Ana Rita, Ariele, Bárbara, Edmilson, Fernando, Gisiliana, Jamily, Kadoshe, Laís, Letícia, Lucas, Luís, Natália, Nayara, Patrícia, Paulo, Ricardo, Rubenice, Sinara, Viviam, Weldy, William, Tiago, Neto, Maurício, Maicon e Guilherme. Também agradeço aos amigos que estiveram comigo por todo ou parte deste período, especialmente ao Aryel, pela leitura do texto e sugestões, e ao José, pela amizade e companhia.

A todos os Professores e colegas da graduação que me incentivaram a cursar o mestrado, especialmente às professoras Dra. Janaina Della Torre e Dra. Luciana Seki Dias.

A todas as pessoas que responderam ao questionário do segundo capítulo, contribuindo, dessa maneira, para a obtenção de dados e realização de parte desta pesquisa.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar/CCA), pela oportunidade de realizar o curso, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o curso.

Muito obrigado!

Esta dissertação foi desenvolvida com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, tendo seu projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética (CAAE 20181019.0.0000.5504), em 29 de novembro de 2019.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO 1 – A QUINOA E O AMARANTO COMO ALIMENTOS FUNCIONAIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA	18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
1. Introdução.....	20
2. Pseudocereais.....	22
3. Os pseudocereais como alimentos funcionais.....	23
4. Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	26
4.1. Origem e distribuição da quinoa.....	26
4.2. Classificação e morfologia da quinoa.....	27
4.3. Características agronômicas da quinoa.....	31
4.4. Características nutricionais da quinoa.....	32
4.5. Aspectos sociais e econômicos da quinoa.....	38
5. Amaranto (<i>Amaranthus</i> spp.)	40
5.1. Origem e distribuição do amaranto.....	40
5.2. Classificação e morfologia do amaranto.....	40
5.3. Características agronômicas do amaranto.....	42
5.4. Características nutricionais do amaranto.....	43
5.5. Aspectos sociais e econômicos do amaranto.....	45
6. Produção e utilização da quinoa e do amaranto.....	47
6.1. A quinoa e o amaranto na alimentação animal.....	47
6.2. A quinoa e o amaranto na alimentação humana.....	49
7. Considerações finais.....	52
Referências bibliográficas.....	53

CAPÍTULO 2 – HÁBITOS DE COMPRA E CONSUMO DA QUINOA E DO AMARANTO NO BRASIL.....	67
Resumo.....	67
Abstract.....	68
1. Introdução.....	69
2. Objetivos.....	73
2.1. Objetivo geral.....	73
2.2. Objetivos específicos.....	73
3. Material e métodos.....	74
3.1. Coleta dos dados.....	74
3.2. Análise dos dados.....	77
4. Resultados e discussão.....	78
5. Conclusão.....	87
Referências bibliográficas.....	88
CAPÍTULO 3 – DETERMINAÇÃO DA CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DA QUINOA E DO AMARANTO.....	91
Resumo.....	91
Abstract.....	92
1. Introdução.....	93
2. Objetivos.....	96
2.1. Objetivo geral.....	96
2.2. Objetivos específicos.....	96
3. Material e métodos.....	97
3.1. Matéria prima.....	97
3.2. Hidratação e planejamento experimental.....	97
3.3. Modelagem.....	99
4. Resultados e discussão.....	101
4.1. Teor de umidade inicial.....	101
4.2. Cinética de hidratação.....	101
4.3. Modelagem.....	104

5. Conclusão.....	109
Referências bibliográficas.....	110

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1	
Tabela 1. Composição química da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (g/ 100 g em base seca)....	33
Tabela 2. Concentração de vitaminas da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (mg/ 100 g em base seca).....	35
Tabela 3. Composição mineral da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (mg/ 100 g em base seca).....	36
CAPÍTULO 2	
Tabela 4. Questionário <i>on-line</i> aplicado de acordo com o método <i>Survey</i>	75
Tabela 5. Gênero e faixa etária dos participantes da pesquisa.....	78
Tabela 6. Conhecimento sobre a quinoa e o amaranto, em relação a faixa etária e ao gênero dos participantes.....	78
Tabela 7. Frequência de consumo da quinoa e do amaranto.....	80
Tabela 8. Motivos do consumo da quinoa e do amaranto.....	81
Tabela 9. Motivos do consumo da quinoa e do amaranto, em relação a faixa etária e ao gênero dos participantes.....	81
Tabela 10. Dificuldades enfrentadas para o consumo da quinoa e do amaranto.....	82
Tabela 11. Formas de consumo da quinoa e do amaranto.....	83
Tabela 12. Preferência do tipo de embalagem utilizada para comercializar a quinoa e o amaranto.....	84
Tabela 13. Inclusão do amaranto na dieta de consumidores de quinoa.....	85
Tabela 14. Comentários dos participantes desta pesquisa.....	86

CAPÍTULO 3

Tabela 15. Valores das constantes de Peleg (K_1), constantes de capacidade de Peleg (K_2), coeficientes de correlação (R^2), taxas iniciais de absorção (W_0) e umidade máxima alcançada (M_e) para os grãos de quinoa e de amaranto.....	106
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 1	
Figura 1. Hábitos de crescimento da quinoa: a) simples; b) ramificações somente até o terço inferior da planta; c) ramificações até o segundo terço da planta e d) planta totalmente ramificada.....	28
Figura 2. Formatos das panículas da quinoa: a) glomerulada; b) intermediária e c) amarantiforme.....	29
Figura 3. Formatos dos grãos da quinoa: a) lenticular; b) cilíndrico; c) elipsoide e d) cônico.....	29
CAPÍTULO 2	
Figura 4. Principais formas de comercialização da quinoa, de acordo com o tipo de embalagem: a) caixa de papel-cartão totalmente fechada; b) caixa de papel-cartão com parte transparente; c) pacote plástico totalmente fechado; d) pacote plástico com parte transparente; e) a granel.....	77
CAPÍTULO 3	
Figura 5. Grãos utilizados nas análises: a) quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> var. Salcedo INIA); b) amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> var. Oscar Blanco).....	97
Figura 6. Amostras dos grãos submersas em água num banho termostático.....	98
Figura 7. Variação de massa em grãos de quinoa hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.....	102
Figura 8. Variação de massa em grãos de amaranto hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.....	102

Figura 9.	Diâmetro dos grãos de quinoa e amaranto secos e após hidratação em água a 25, 50, 75 e 100 °C por um período de duas horas.....	103
Figura 10.	Inverso da razão de umidade em relação ao tempo para grãos de quinoa hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.....	104
Figura 11.	Inverso da razão de umidade em relação ao tempo para grãos de amaranto hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.....	105
Figura 12.	Modelo de Arrhenius a partir dos valores da constante de Peleg (K_1) para grãos de quinoa e amaranto.....	107

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

	Página
CAPÍTULO 3	
Equação 1. Equação do modelo de Peleg.....	99
Equação 2. Equação do modelo de Peleg linearizada.....	99
Equação 3. Taxa inicial de absorção.....	99
Equação 4. Umidade máxima alcançada no processo.....	99
Equação 5. Equação de Arrhenius.....	100
Equação 6. Energia de ativação da reação.....	100

QUINOA E AMARANTO: ASPECTOS GERAIS, HÁBITO DE COMPRA E CONSUMO E CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DOS GRÃOS

Autor: DAVI SCHMIDT

Orientadora: Profa. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES

Coorientadora: Profa. Dra. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI

Coorientador: Prof. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI

RESUMO – A quinoa (*Chenopodium quinoa*) e o amaranto (*Amaranthus* spp.) são pseudocereais com qualidades nutricionais e funcionais muito elevadas. O primeiro capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre quinoa e amaranto, destacando seus principais aspectos morfológicos, agronômicos, nutricionais e socioeconômicos. No segundo capítulo, objetivou-se identificar o perfil de consumidores de quinoa e de amaranto, além de observar seus hábitos de consumo em relação a estes alimentos. O levantamento de dados se deu por meio da aplicação de um questionário *on-line*, o qual continha questões sobre o perfil do consumidor, o conhecimento e consumo da quinoa e amaranto, a diversificação da alimentação e a preferência e escolha de embalagens. No terceiro capítulo, objetivou-se avaliar a cinética de hidratação de grãos de quinoa e de amaranto, visando observar a transferência de massa de água para os grãos. Foram realizados ensaios em quatro temperaturas (25, 50, 75 e 100 °C), monitorando-se o ganho de massa por absorção de água e aplicando-se o modelo de Peleg nos dados obtidos. Concluiu-se que a quinoa e o amaranto apresentam grande potencial para compor dietas funcionais, trazendo benefícios à saúde de quem os consome, e que uma divulgação mais ampla destes alimentos pode contribuir para que sejam incluídos na alimentação de cada vez mais pessoas.

Palavras-chave: Absorção de água; alimentos funcionais; *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; perfil de consumidor.

QUINOA AND AMARANTH: GENERAL ASPECTS, PURCHASE AND CONSUMPTION HABITS AND GRAINS HYDRATION KINETICS

Author: DAVI SCHMIDT

Advisor: Profa. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES

Co-advisor: Profa. Dra. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI

Co-advisor: Prof. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI

ABSTRACT – Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus* spp.) are pseudocereals with elevated nutritional and functional qualities. The first chapter presents a review of the literature on quinoa and amaranth, highlighting their morphological, agronomic, nutritional and socioeconomic aspects. In the second chapter, the objective was to identify the profile of consumers of quinoa and amaranth in addition to observing their consumption habits in relation to these foods. The data was collected through the application of an online questionnaire, which contained questions about the consumer's profile, the knowledge and consumption of quinoa and amaranth, the diversification of food and the preference and choice of packaging. In the third chapter, the objective was to evaluate the hydration kinetics of quinoa and amaranth grains, in order to observe the transfer of water mass to the grains. Tests were carried out at four temperatures (25, 50, 75 and 100 °C), monitoring the mass gain by water absorption and applying the Peleg model to the data obtained. It was concluded that quinoa and amaranth have great potential for composing functional diets, bringing benefits to the health of those who consume them, and that broader dissemination of these foods can contribute to their inclusion in the diet of more and more people.

Keywords: *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; consumer profile; functional foods; water absorption.

CAPÍTULO 1 – A QUINOA E O AMARANTO COMO ALIMENTOS FUNCIONAIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

RESUMO – A crescente demanda por dietas mais saudáveis e funcionais tem resgatado alimentos tradicionais, como a quinoa e o amaranto, pseudocereais que foram muito importantes para as civilizações antigas. Como apresentam qualidade nutricional mais elevada do que muitos cereais que compõem a dieta moderna, estas plantas vêm ganhando grande destaque nos mercados. Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre quinoa e amaranto, destacando seus principais aspectos morfológicos, agrônômicos, nutricionais e socioeconômicos, bem como a importância como alimentos funcionais e seus usos na nutrição animal e humana. A quinoa possui altos níveis de proteínas e minerais, como fósforo e potássio. O amaranto também se apresenta como uma boa fonte de proteína com altos níveis de lisina, aminoácidos sulfurados e ácido ascórbico, demonstrando o grande potencial de ambas para comporem dietas funcionais e balanceadas. O incentivo ao cultivo desses pseudocereais por pequenos e médios agricultores representa uma estratégia interessante para promover a segurança alimentar nos países em desenvolvimento, pois eles se adaptam facilmente às diferentes condições ambientais.

Palavras-chave: *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; pseudocereais; qualidade nutricional; segurança alimentar.

CHAPTER 1 – QUINOA AND AMARANTH AS FUNCTIONAL FOODS: A REVIEW

ABSTRACT – The increasing demand for healthier and functional diets has rescued traditional foods, such as quinoa and amaranth. These plants are pseudocereals that were very important for ancient civilizations. Their nutritional quality is higher than many cereals that make up the modern diet so they are gaining great prominence in the markets. This chapter presents a review of the literature on quinoa and amaranth, highlighting their morphological, agronomic, nutritional and socioeconomic aspects and their importance as functional foods, as well as their uses in animal and human nutrition. Quinoa has high levels of protein and minerals, such as phosphorus and potassium. Amaranth is also a good source of protein with high levels of lysine, Sulphur amino acids and ascorbic acid, demonstrating the great potential of both to compose functional and balanced diets. Encouraging the cultivation of these pseudocereals by small and medium-sized farmers represents an interesting strategy to promote food security in developing countries, since they adapt easily to different environmental conditions.

Keywords: *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; food security; nutritional quality; pseudocereals.

A QUINOA E O AMARANTO COMO ALIMENTOS FUNCIONAIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

A diversificação dos alimentos ingeridos contribui para uma alimentação saudável, uma vez que o fornecimento de nutrientes ao organismo passa a ser mais amplo (GOMES; TEIXEIRA, 2016). Nesse sentido, a demanda por alimentos mais nutritivos e saudáveis está em expansão, o que proporciona oportunidades de exploração destes alimentos em diversos setores (BRITO, 2016). A quinoa e o amaranto, por exemplo, são pseudocereais originários da região andina com qualidades nutricionais bastante elevadas que vêm ganhando espaço no mercado, principalmente por conta do potencial como alimentos funcionais (MUNHOZ et al., 2014). O cultivo destas espécies se torna, assim, uma opção para os pequenos e médios produtores rurais que desejam se concentrar na exploração de nichos de mercado, como o de produtos orgânicos e dietéticos (SPEHAR et al., 2003; SPEHAR, 2006).

Ainda, tanto a quinoa quanto o amaranto são recomendados na diversificação dos sistemas de produção, pois podem interromper o ciclo de certas pragas e doenças (O'BRIEN; PRICE, 2008). Aliado a isso, a possibilidade de utilização dessas espécies na alimentação animal também se torna um incentivo para o seu cultivo e produção, pois pode haver redução de custos no sistema de produção ou geração de fontes alternativas de renda para o produtor (CALLISAYA, 2015; PEIRETTI, 2018; MANYELO et al., 2020).

Muitos países e regiões de todo o mundo têm sido apontados como potenciais produtores destes pseudocereais, por apresentarem características ambientais favoráveis ao cultivo destas espécies (ROJAS, 2011). Entre eles, o Brasil tem se destacado por possuir grande potencial na produção e no consumo destes grãos em maior escala, principalmente dentro do contexto da segurança alimentar, uma vez que já existem cultivares adaptadas às condições brasileiras (SPEHAR et al., 2003; SPEHAR, 2006).

Os grãos da quinoa e do amaranto apresentam características nutricionais superiores à maioria dos cereais que são consumidos em maior escala nos países não andinos, como o milho, trigo e arroz. Desse modo, o estímulo da produção agrícola e do consumo destas espécies em outras regiões do planeta se tornam pertinentes, bem como a utilização destes grãos como matéria-prima na indústria de alimentos (BORGES et al., 2010; ANGELI et al., 2020).

Muitas características nutricionais apresentadas por estas plantas fazem com que as mesmas sejam classificadas como bons alimentos funcionais (ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010). Suas qualidades funcionais são muito similares, sendo a redução do colesterol sérico e a ausência de glúten as mais difundidas (ALMEIDA; SÁ, 2009; ZEVALLOS et al., 2015). Além de apresentarem elevados teores de vitaminas e minerais, os grãos da quinoa e do amaranto são ricos em proteína, com teores médios de 14,1 e 13,6%, respectivamente (TBCA, 2020). Desse modo, a inclusão desses grãos na alimentação traz consigo muitas vantagens e benefícios para a saúde, especialmente para os indivíduos portadores da doença celíaca, os quais são intolerantes a ingestão do glúten (ALMEIDA; SÁ, 2009; ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010; ANGELI et al., 2020).

Objetivou-se revisar a literatura acerca da quinoa e do amaranto, destacando-se a qualidade nutricional destas espécies e salientando a importância do consumo destes alimentos para a saúde e a funcionalidade do organismo. Ainda, esta revisão bibliográfica fornece um panorama das características morfológicas, agronômicas e socioeconômicas destas plantas, bem como seus usos na alimentação humana e animal.

2. PSEUDOCEREAIS

Os pseudocereais, ao lado de cereais, leguminosas, oleaginosas e nozes, compõem as plantas cultivadas que produzem grãos para o consumo humano. O termo pseudocereal une a palavra *cereal*, que remete aos grãos produzidos por gramíneas, e o prefixo *pseudo*, que significa falso (FLETCHER, 2016). Desse modo, os pseudocereais podem ser definidos como grãos que apresentam qualidade nutricional semelhante à dos cereais, mas são provenientes de outras famílias botânicas (MARTÍNEZ-VILLALUENGA et al., 2020).

Enquanto os cereais são produzidos por espécies da família Poaceae, os pseudocereais ocorrem em diversas famílias de eudicotiledôneas (v. g. Amaranthaceae, Cactaceae, Caryophyllaceae, Polygonaceae e Trapaceae) e monocotiledôneas (v. g. Commelinaceae, Cyperaceae e Zingiberaceae) (FLETCHER, 2016). A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) e o amaranto (*Amaranthus* spp.), pertencentes à família Amaranthaceae, juntamente com o trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench e *Fagopyrum tataricum* Gaertn., Polygonaceae), são, atualmente, os principais pseudocereais cultivados no mundo (FLETCHER, 2016; MARTÍNEZ-VILLALUENGA et al., 2020).

De modo geral, destacam-se, nutricionalmente, pelo seu alto teor e qualidade proteica e pela ausência de glúten (FLETCHER, 2016). Ainda, a ampla variabilidade genética e adaptabilidade a condições ambientais adversas são características muito vantajosas para o manejo destas espécies (JOSHI et al., 2018; JOSHI et al., 2019).

Em contraste com o seu importante papel na dieta de muitas civilizações antigas, os pseudocereais representam, hoje, uma parcela pequena da produção mundial de grãos, ainda em expansão. Contudo, o cultivo destas espécies tem potencial para se desenvolver num futuro próximo, no qual se discute muito sobre segurança alimentar, qualidade nutricional e funcionalidade dos alimentos (FLETCHER, 2016).

3. OS PSEUDOCEREAIS COMO ALIMENTOS FUNCIONAIS

Toda substância que, quando digerida, é capaz de nutrir o organismo, é chamada de alimento (FERREIRA, 1986). Os alimentos funcionais, por sua vez, além de cumprirem suas funções nutricionais básicas, são capazes de afetar, positivamente, funções fisiológicas do organismo (SILVA et al., 2016). Desse modo, a saúde e a qualidade de vida de quem os ingerem aumenta, à medida que os riscos de enfermidades reduzem (IGLESIAS, 2010).

O conceito de alimento funcional surgiu na década de 1980, no Japão, quando o Ministério da Saúde e Bem-Estar japonês determinou que alguns alimentos receberiam um selo de aprovação para que fossem utilizados especificamente na área da saúde (FOSHU, do inglês *foods for specified health use*) (COSTA; ROSA, 2016). Nos Estados Unidos da América (EUA), no início da década de 1990, os alimentos funcionais foram definidos como os alimentos que, depois de ingeridos, provocavam efeitos positivos na saúde do indivíduo, devido às substâncias, naturais ou não, que o compunham (TUR; BIBILONI, 2016).

Em 1999, na União Europeia, após diversas reuniões, determinou-se que os procedimentos necessários para se demonstrar que determinados nutrientes encontrados em certos alimentos afetavam positivamente a saúde seriam consolidados (TUR; BIBILONI, 2016). No Brasil, o termo “alimentos funcionais” não é definido pela legislação, mas a mesma valida as propriedades funcionais e as propriedades de saúde dos alimentos, estabelecendo as orientações para os registros de alimentos que possuem essas propriedades em suas composições (BRASIL, 1999a; BRASIL, 1999b).

O modo de ação no organismo depende dos compostos que cada alimento funcional produz (COSTA; ROSA, 2016). Os pseudocereais são considerados alimentos funcionais, pois suas qualidades nutricionais são extremamente elevadas. O trigo-sarraceno, por exemplo, contém carotenoides (betacaroteno e luteína), que controlam as atividades antioxidantes nas células (TUAN et al., 2013), e fibras alimentares solúveis e insolúveis em água, que reduzem o colesterol sérico e o teor de glicose. Ainda, o trigo-sarraceno é o único

grão que contém rutina, um flavonoide que age no fortalecimento dos vasos sanguíneos (KREFT et al., 2002; JOSHI et al., 2019).

A quinoa é um dos alimentos funcionais mais importantes, pois sua composição nutricional é balanceada e completa, desempenhando funções vitais no organismo, e seu alto teor de fibra melhora a digestão, reduzindo os níveis do colesterol sanguíneo (REPO-CARRASCO, 2003). Seus minerais mais abundantes auxiliam no transporte de oxigênio (Fe) e atuam na geração e utilização de energia pelas células (P e Cu), no equilíbrio da quantidade de líquidos e íons presentes no corpo (K) e nos processos de divisão celular (Zn) e contração muscular e constituição do tecido ósseo (Ca e Mg) (OTTEN et al., 2006; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Outros compostos presentes na quinoa e suas respectivas propriedades funcionais são os polifenóis, que previnem cânceres e doenças cardiovasculares e os ácidos fenólicos, que possuem atividade antioxidante, reduzindo os radicais livres e agindo como um quelante de metais (DOGAN; KARWE, 2003). Os tocoferóis também atuam como antioxidantes, mas na membrana plasmática das células, protegendo seus ácidos graxos de radicais livres (SGARBIERI, 1987; REPO-CARRASCO, 2003).

O amaranto, de modo geral, tem a capacidade de reduzir os níveis de colesterol sérico, a partir da ação combinada de diversos fatores (FERREIRA et al., 2007). Os fitoesteróis, presentes no óleo do amaranto, apresentam efeito hipocolesterolêmico e se encontram em quantidades superiores à de outros óleos vegetais. O beta-sitosterol (607 µg/ 100g), em especial, compõe 95% dos esteróis totais, seguido do campesterol (8,8 µg/ 100g) e do estigmasterol (5,6 µg/ 100g). Outros produtos, como o óleo de algodão, o azeite de oliva, o óleo de amendoim e o óleo de soja, contém 303; 153; 131 e 123 µg/ 100g de beta-sitosterol, respectivamente (MARCONE et al., 2003).

As fibras solúveis dos grãos do amaranto e o hidrocarboneto insaturado esqualeno também apresentam efeitos hipocolesterolêmicos, sendo que o esqualeno, ainda, proporciona efeitos anticarcinogênicos e antioxidantes (QURESHI et al., 1996; BERGANZA et al., 2003; HE et al., 2002).

Juntamente com estes compostos, a quinoa e o amaranto apresentam teores proteicos mais elevados do que os cereais, contribuindo para que estas plantas sejam consideradas excelentes alimentos funcionais (FERREIRA, et al., 2007; MARCONE et al., 2003). Alimentos ricos em proteínas são altamente recomendados, já que estas desempenham importantes papéis no organismo, auxiliando no transporte de oxigênio, na proteção contra organismos patogênicos, na catalisação de reações químicas, na contração muscular, no crescimento, na formação de hormônios, entre outros (NELSON; COX, 2021).

4. QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd)

4.1. Origem e distribuição da quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma das plantas cultivadas há mais tempo no continente americano, com indícios arqueológicos que datam de 5000 a 3000 AEC. (UHLE, 1919; NÚÑEZ, 1974). A espécie é nativa da Cordilheira dos Andes, na América do Sul, tendo seu centro de origem na região que, hoje, engloba o noroeste da Argentina, o norte do Chile, Bolívia, Peru, Equador e o sul da Colômbia (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). De acordo com Towle (1961), a quinoa era um vegetal consumido em abundância nestes locais, principalmente devido à facilidade no processo de moagem. Diversas civilizações andinas, como a cultura Tiwanaku e o Império Inca, a domesticaram, possibilitando, assim, que a população aproveitasse o elevado valor nutricional de seus grãos (REPO-CARRASCO, 2003).

A partir do século XVI, com a colonização espanhola, a alimentação e os hábitos tradicionais foram sendo substituídos, gradativamente, pelos estrangeiros, muito influenciados pela cultura europeia. A mudança na alimentação consistiu, principalmente, da introdução de novos grãos, como o trigo (*Triticum* spp.) e a cevada (*Hordeum vulgare* L.), enquanto a quinoa passou a ser cultivada em pequena escala, em áreas rurais, destinada ao consumo doméstico, tornando-se, assim, um alimento de baixa procura, reservado às pessoas mais pobres. Os colonizadores espanhóis, por sua vez, utilizaram a quinoa apenas para cercar áreas de plantio de culturas de maior interesse, como milho (*Zea mays* L.) e batata (*Solanum tuberosum* L.) (VALENCIA-CHAMORRO, 2003), ou para alimentar os animais que trouxeram consigo para a região (BERMEJO; LEÓN, 1994).

Durante o século XIX, a quinoa passou a ter grande importância econômica para países como Peru e Bolívia, já que estes a produziam não somente para o consumo interno, mas também para a exportação. Os principais fatores que contribuíram para o aumento da produção deste pseudocereal foram incentivos governamentais e investimentos em instituições de pesquisa. Finalmente, a partir da segunda metade do século XIX, a quinoa, já considerada

uma cultura agrícola, foi levada para a América do Norte e para a Europa, onde as pesquisas se aprofundaram, principalmente nas áreas de genética e agronomia (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). No Brasil, a quinoa foi introduzida na década de 1990, com o intuito de diversificar o sistema de produção do Cerrado (SPEHAR, 2006) e, na China, apesar de ter sido introduzida na década de 1960, a espécie só começou a ser produzida em maior escala a partir de 2008 (XIU-SHI et al., 2019).

4.2. Classificação e morfologia da quinoa

De acordo com o sistema de Cronquist, a quinoa era classificada como pertencente à família Chenopodiaceae, um grupo cujas espécies são, predominantemente, encontradas em regiões salinas, áridas e semiáridas, bem como em ambientes degradados pela agricultura nas zonas temperadas e subtropicais (CRONQUIST, 1981). Alguns gêneros, entretanto, ocorrem nos trópicos, como *Chenopodium*, *Halosarcia* e *Suaeda* (ZHU, 1996; KADEREIT et al., 2003). Com a elaboração do Sistema APG III (Angiosperm Phylogeny Group III) (APG, 2009), um sistema de taxonomia vegetal criado para classificar as plantas com flor com base em sua filogenia molecular, estas espécies passaram a constituir, a partir de então, a subfamília Chenopodioideae, pertencente à família Amaranthaceae.

Além de a quinoa receber diferentes nomes ao redor do mundo, conforme o idioma, na região andina ela é popularmente conhecida por diversos termos, que variam entre os países e as comunidades locais. Alguns dos nomes utilizados na região andina para designar a quinoa são aara, kinua, parca, pasca, quinhua, quinua, suba, supha, entre outros (MUJICA, 1996; VALENCIA-CHAMORRO, 2003). Ainda, sabe-se que, dentro de uma mesma comunidade, a quinoa também pode receber nomes distintos, de acordo com a variação na tonalidade de seus grãos, como acontece na língua Aimara (LATCHAM, 1936).

Apesar dessa ampla variação, a quinoa é uma única espécie, possuindo diversas variedades. De modo geral, tem hábito herbáceo, com hastes verdes, avermelhadas ou arroxeadas, podendo ser ramificadas ou não (KINUPP; LORENZI, 2014). De acordo com Rojas e Pinto (2013), foram identificados

quatro hábitos de crescimento presentes na coleção de germoplasma da espécie: i) simples, ou seja, sem ramificações; ii) ramificações somente até o terço inferior da planta; iii) ramificações até o segundo terço da planta e iv) totalmente ramificado (Figura 1).

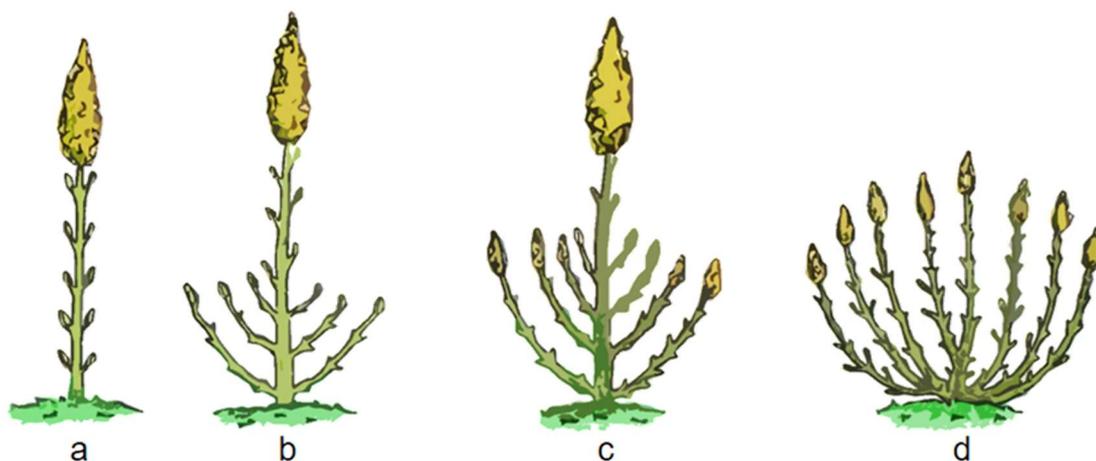


Figura 1. Hábitos de crescimento da quinoa: a) simples; b) ramificações somente até o terço inferior da planta; c) ramificações até o segundo terço da planta e d) planta totalmente ramificada. Fonte: Schmidt (2021) adaptado de Rojas e Pinto (2013).

A planta da quinoa pode atingir mais de dois metros de altura e suas inflorescências, do tipo panícula, podem apresentar coloração muito ampla, variando do amarelo ao roxo, como também apresentar combinações de cores. As panículas podem ser de dois tipos, dependendo do formato e inserção dos glomérulos: i) glomerulada, com glomérulos de formato esférico e ii) amarantiforme, com glomérulos mais alongados. Há alguns casos em que a planta expressa ambas as características, gerando uma inflorescência chamada de intermediária (ROJAS; PINTO, 2013) (Figura 2). Gandarillas (1967) observou, ainda, que a característica de panícula glomerulada é condicionada por um alelo dominante.

Cada inflorescência dá origem a muitos frutos do tipo aquênio, um fruto indeiscente caracterizado por apresentar aparência de semente devido ao endurecimento do pericarpo (GILMAN et al., 1905; NAIK et al., 2020). Os aquênios amadurecem à medida que a planta seca e, quando maduros, os grãos também apresentam coloração variada, incluindo tons de, praticamente, todas

as cores. Na Bolívia, por exemplo, os grãos variam em tons de branco, creme, amarelo, laranja, rosa, vermelho, roxo, marrom e preto, totalizando, ao menos, 66 cores diferentes de grãos (CAYOJA, 1996).

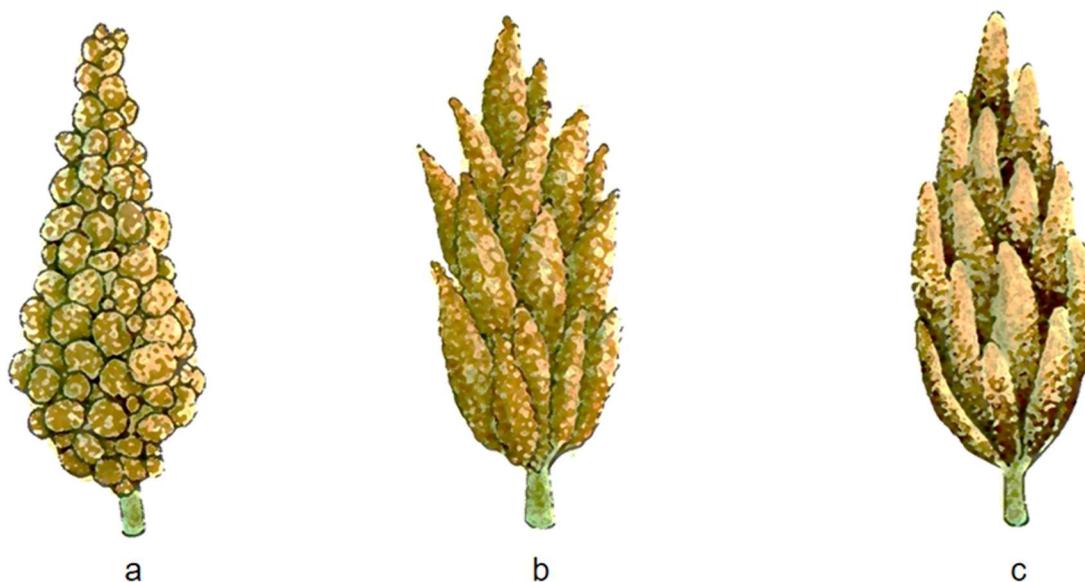


Figura 2. Formatos das panículas da quinoa: a) glomerulada; b) intermediária e c) amarantiforme.

Fonte: Schmidt (2021) adaptado de Rojas e Pinto (2013).

Os grãos, ainda, apresentam quatro possíveis formatos: i) lenticular; ii) cilíndrico; iii) elipsóide e iv) cônico (ROJAS; PINTO, 2013) (Figura 3) e quatro possíveis tamanhos: i) extragrande; ii) grande; iii) médio e iv) pequeno (IBNORCA, 2007).

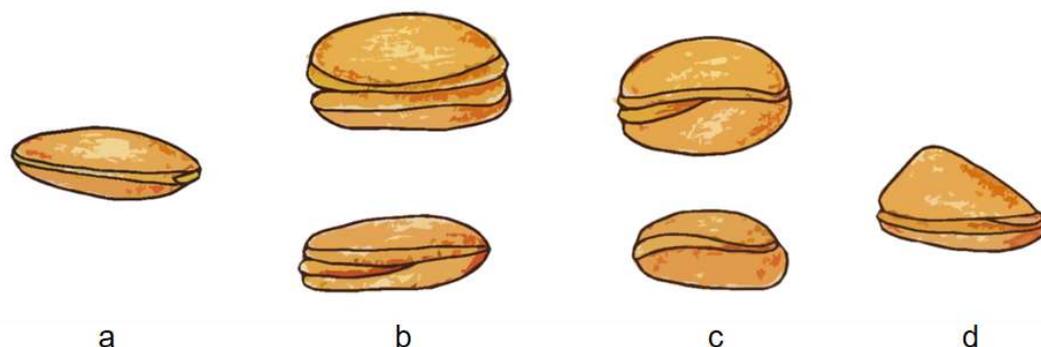


Figura 3. Formatos dos grãos da quinoa: a) lenticular; b) cilíndrico; c) elipsóide e d) cônico.

Fonte: Schmidt (2021) adaptado de Rojas e Pinto (2013).

As variedades de quinoa podem ser classificadas de diferentes maneiras. Uma delas, por exemplo, é de acordo com o seu tipo de inflorescência. Algumas das variedades com panículas glomeruladas são Ancash, Cajamarca, Challapata, Cochabamba, Copacabana, Cuzco, Dulce, Glorieta, Junín e Sicuani. Já as variedades Achacachi, Pichincha, Potosí, Puca, Puno, Real e Sucre apresentam panículas amarantiformes (VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

Outro método de classificação da planta quinoa divide suas variedades em ecotipos, ou seja, como a espécie pode variar geneticamente em diferentes regiões geográficas. Como a quinoa cresce desde o nível do mar até regiões de grande altitude na Cordilheira dos Andes, foram descritos cinco ecotipos: i) quinoa dos vales; ii) quinoa do altiplano; iii) quinoa dos salares; iv) quinoa do nível do mar e v) quinoa dos Yungas (TAPIA, 2000).

As variedades de quinoa dos vales estão adaptadas para se desenvolverem entre 2.000 e 4.000 metros de altitude, nos vales andinos. As plantas adultas são altas, podendo atingir mais de 2,5 m de altura, e suas hastes são bastante ramificadas. Geralmente, são cultivadas em consórcio com o milho ou são utilizadas na bordadura de outras culturas. As principais variedades são Amarilla de Matangani, Blanca de Junín, Dulce de Lazo, Dulce de Quitopamba, Nariño e Rosada de Juní, as quais são resistentes ao míldio (*Peronospora farinosa*) (TAPIA, 2000; VALENCIA-CHAMORRO, 2003; ROJAS; PINTO, 2013).

As quinoas do altiplano são menores, medindo entre 0,5 e 1,5 m de altura, e o cultivo é realizado em áreas mais amplas, principalmente ao redor do Lago Titicaca, no Peru e na Bolívia. As variedades Blanca de Julí, Cheweca, Kancolla, Tahuaco e Witulla são utilizadas com frequência nas pesquisas de melhoramento genético e estão adaptadas para se desenvolverem entre 3.600 e 3.800 metros de altitude. Contudo, são suscetíveis ao míldio quando cultivadas em áreas mais úmidas (TAPIA, 2000; VALENCIA-CHAMORRO, 2003; ROJAS; PINTO, 2013).

As quinoas dos salares ocorrem entre 3.700 e 3.800 metros de altitude nos salares bolivianos, portanto são mais tolerantes à seca e à salinidade. A principal variedade deste grupo é a Quinoa Real, que possui grãos com diâmetro

superior a dois milímetros, o maior dentre todas as variedades (TAPIA, 2000; ROJAS; PINTO, 2013).

Os dois últimos ecotipos de quinoa têm menor importância econômica, quando comparados aos demais. As variedades que se desenvolvem abaixo dos 500 metros de altitude, principalmente na costa do Chile, possuem grãos de coloração creme, hastes ramificadas e altura de planta variando de 1,0 a 1,4 m quando adultas. Nos Yungas, região subtropical da Bolívia localizada entre 1.500 e 2.200 metros de altitude, ocorre um grupo reduzido de quinuas que podem atingir até 2,2 m de altura. A planta se torna alaranjada e bastante chamativa quando atinge o estágio de floração (TAPIA, 2000; ROJAS; PINTO, 2013).

4.3. Características agronômicas da quinoa

Na região andina, a quinoa é produzida, majoritariamente, em sistemas de policultivo, consorciada com culturas de maior interesse econômico, como milho, batata e tremoço (*Lupinus mutabilis* Sweet). O sistema de rotação de culturas também é bastante utilizado, intercalando o plantio da quinoa com o de outras espécies andinas, como fava (*Vicia fabae* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina), oluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) e batata (BASANTES-MORALES, 2019). Estes sistemas de produção, bastante utilizados na agricultura familiar, têm grande importância para a diversificação dos sistemas, promovendo a manutenção da fertilidade do solo e a quebra do ciclo biológico de muitos microrganismos patogênicos (VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

A partir da década de 2000, alguns agricultores optaram pelo monocultivo da quinoa e da sua produção em larga escala, já que a demanda pelo grão aumentou. Contudo, a condução inadequada desse sistema traz consigo diversos problemas ambientais, como a compactação e a degradação do solo e o aumento da insurgência de pragas e doenças na lavoura (BASANTES-MORALES, 2019).

Das mais variadas características que a quinoa pode expressar, algumas delas podem atrapalhar ou favorecer certas etapas do cultivo comercial da espécie. Por conta dessa ampla variabilidade genética, buscou-se, através do melhoramento genético, o desenvolvimento de cultivares adequadas para cada

região, tipo de manejo e destino final do grão. No Brasil, por exemplo, é desejável que a quinoa apresente boa adaptação às variações ambientais, insensibilidade ao fotoperíodo e maturação uniforme dos grãos, já que o país tem clima bastante instável (VASCONCELOS et al., 2012).

Na região do centro-oeste brasileiro, a cultivar Quinoa BRS Piabiru foi pioneira na produção de grãos, a partir da década de 1990. Ela se adaptou facilmente às condições locais, apresentando características como resistência ao acamamento e elevado rendimento de grão e biomassa (SPEHAR; SANTOS, 2002). O acamamento é um problema nas culturas graníferas, pois proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos fitopatogênicos; a parte superior da planta se deteriora, reduzindo o teor de matéria seca e a capacidade fotossintética da planta, o que resulta numa menor produtividade (DUY et al., 2004). Com cerca de 1,90 m quando adulta, a Quinoa BRS Piabiru permanece ereta até o final de seu ciclo, que se completa em torno dos 145 dias. Sua inflorescência, do tipo amarantiforme, tem 0,45 m e seus grãos são cilíndricos e isentos de saponina (SPEHAR; SANTOS, 2002).

Ao longo das décadas de 2000 e 2010, o avanço do melhoramento genético permitiu que outras cultivares fossem desenvolvidas para o Cerrado brasileiro, expressando, sempre que possível, as características desejáveis da espécie. A cultivar BRS Syetetuba, por exemplo, atinge altura de 1,80 m quando adulta, não apresenta saponina em seus grãos e também resiste ao acamamento. A planta completa seu ciclo em apenas 120 dias e tem produtividade equivalente e superior as variedades Kancolla e Piabiru, respectivamente, características que propiciam maior viabilidade econômica ao produtor (SPEHAR et al., 2011). No sul do Brasil, Egewarth et al. (2017) selecionaram quatro potenciais cultivares de quinoa que se adaptaram a região oeste do Paraná, de um total de 16 genótipos caracterizados.

4.4. Características nutricionais da quinoa

A composição química da quinoa depende muito da sua variedade e das condições ambientais e agrônômicas onde a planta foi cultivada, mas, de modo geral, apresenta qualidade nutricional elevada, com a presença de proteínas,

carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais (TAPIA, 2000; VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

As sementes da quinoa possuem teor médio de proteína de 14,1%, podendo variar de 8 a 22% em base seca. Cereais como a cevada, o trigo e o arroz (*Oryza sativa* L.) possuem teor médio proteico de 13,8; 10,7 e 7,0% em base seca, respectivamente, enquanto a maioria das leguminosas possui uma quantidade mais elevada de proteína, podendo chegar a 22,1 e 33,6% em base seca no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e no tremoço, respectivamente (Tabela 1) (VALENCIA-CHAMORRO, 2003; TBCA, 2020).

Tabela 1. Composição química da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (g/100 g em base seca).

	Proteína	Carboidratos totais	Fibra alimentar	Lipídios	Cinzas	Energia (kcal/ 100 g)
Pseudocereais						
Quinoa ¹	14,1	64,2	7,0	6,1	2,4	353
Amaranto ¹	13,6	65,3	6,7	7,0	6,7	365
Trigo-sarraceno ²	13,3	71,5	10,0	3,4	2,1	343
Cereais						
Arroz ¹	7,0	79,1	1,7	0,5	0,5	345
Cevada ¹	13,8	72,3	15,1	2,4	1,9	335
Milho ¹	10,0	76,4	11,2	3,5	1,3	354
Trigo ¹	10,7	75,4	12,7	2,0	1,5	336
Leguminosas						
Feijão ¹	22,1	60,4	20,4	1,9	3,7	306
Soja ¹	39,9	22,6	11,9	22,3	5,4	427
Tremoço ¹	33,6	41,4	32,3	10,3	5,1	328
IDR (g/ dia)³						kcal/ dia
Crianças (4-8 anos)	19	130	25	n. d.	-	1642
Mulheres (19-30 anos)	46	130	25	n. d.	-	2403
Homens (19-30 anos)	56	130	38	n. d.	-	3067

IDR = Ingestão diária recomendada; n. d. = não determinado.

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em TBCA (2020)¹, USDA (2020)² e USDHHS (2020)³.

Em pseudocereais, como a quinoa, a proteína é encontrada, majoritariamente, no endosperma. Cerca de 44 a 77% da fração proteica é composta pelos grupos das albuminas e globulinas, enquanto as prolaminas, grupo de proteínas relacionadas ao glúten, compõem uma porção muito baixa da fração proteica ou são, até mesmo, inexistentes em algumas variedades

(VALENCIA-CHAMORRO, 2003; FUENTES; PAREDES-GONZALES, 2015; ZEVALLOS et al., 2015).

Em 2013, uma agência federal do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA determinou que um alimento é considerado livre de glúten se este apresentar valores menores do que 20 ppm de glúten em sua composição (FDA, 2020). Por conta disso, a quinoa é considerada um grão livre de glúten e ideal para ser consumido por indivíduos portadores da doença celíaca, os quais são intolerantes a ingestão do glúten (ALMEIDA; SÁ, 2009; ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010; ZEVALLOS et al., 2015).

Dentre seus aminoácidos, a histidina e a lisina são os que mais se destacam na formação da proteína da quinoa, principalmente porque a lisina é encontrada em maior abundância em produtos de origem animal (VALENCIA-CHAMORRO, 2003; ALMEIDA; SÁ, 2009). Desse modo, sua composição balanceada de aminoácidos essenciais é muito similar a caseína do leite (KOZIOŁ, 1992).

Os carboidratos, presentes no perisperma da semente, representam 64,2% da composição da quinoa em base seca, sendo que 52 a 60% são correspondentes apenas ao amido (VALENCIA-CHAMORRO, 2003; TBCA, 2020). Nos vegetais, o amido ocorre em grânulos, que variam de formato e tamanho conforme a espécie. Na quinoa, estes grânulos têm diâmetro variando de 0,4 a 2,0 μm e são menores do que em cereais, como o milho (1-23 μm) e o trigo (2-40 μm) (REPO-CARRASCO, 2003; VALENCIA-CHAMORRO, 2003). Grânulos pequenos de amido apresentam tamanho semelhante aos lipídios e, por conta disso, podem ser utilizados para substituir gorduras (LEONEL, 2007). Os teores de fibra bruta da quinoa, cerca de 7,0%, podem melhorar a digestão e reduzir os níveis do colesterol sanguíneo (REPO-CARRASCO, 2003; TBCA, 2020).

O teor de lipídios na quinoa varia de 2,0 a 9,5% em base seca, valores que são mais altos do que cereais, como o milho (3,5%), porém mais baixos do que leguminosas, como a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (22,3%) (Tabela1) (ANGELI et al., 2020; TBCA, 2020). O óleo, produzido a partir das sementes, tem composição similar ao óleo de soja, sendo rico em ácidos graxos, como

ácido linoleico (49-56,4%), ácido oleico (19,7-29,5%) e ácido linolênico (8,7-11,7%) (BASANTES-MORALES, 2019; ANGELI et al., 2020). Os ácidos graxos linoleico e linolênico são considerados essenciais e apresentam funções importantes no organismo humano, pois são componentes estruturais das membranas plasmáticas e possuem efeitos anti-inflamatórios (PATEL et al., 2020).

A quinoa é fonte de vitaminas do complexo B, como tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃) e ácido fólico (B₉) e de vitamina E (Tabela 2) (MIRANDA et al., 2012; ANGELI et al., 2020; TBCA, 2020). Os minerais também são muito abundantes em sua composição, tais como cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e cobre (Cu) (Tabela 3) (KOZIOŁ, 1992; VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

Tabela 2. Concentração de vitaminas da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (mg/ 100 g em base seca).

	Tiamina (B ₁)	Riboflavina (B ₂)	Niacina (B ₃)	Ácido ascórbico (C)
Pseudocereais				
Quinoa ¹	0.36	0.32	1.52	n. r.
Amaranto ¹	0.12	0.20	0.92	4.20
Trigo-sarraceno ²	0.10	0.43	7.02	n. r.
Cereais				
Arroz ¹	0.16	n. r.	1.02	n. r.
Cevada ¹	0.16	0.08	5.53	n. r.
Milho ¹	0.37	0.19	3.50	n. r.
Trigo ¹	0.41	0.11	4.77	0.90
Leguminosas				
Feijão ¹	0.17	n. r.	4.12	6.26
Soja ¹	0.86	0.86	1.60	5.92
Tremoço ¹	0.24	n. r.	n. r.	25.00
IDR (g/ dia)³				
Crianças (4-8 anos)	0.6	0.6	8	25
Mulheres (19-30 anos)	1.1	1.1	14	75
Homens (19-30 anos)	1.2	1.3	16	90

IDR = Ingestão diária recomendada; n. r. = não reportado.

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em TBCA (2020)¹, USDA (2020)² e USDHHS (2020)³.

Muitos destes minerais são encontrados em quantidades superiores aos cereais e, dependendo do tipo de solo onde a quinoa é cultivada e da aplicação de fertilizantes, a concentração dos minerais pode variar bastante (VEGA-

GÁLVEZ et al., 2010). O teor de fósforo da quinoa é quase cinco vezes superior do que no arroz, por exemplo (TBCA, 2020).

Tabela 3. Composição mineral da quinoa, do amaranto e de alguns cereais e leguminosas (mg/100 g em base seca).

	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
Pseudocereais							
Quinoa ¹	457	563	47	197	0.59	4.57	3.10
Amaranto ¹	557	508	159	248	0.53	7.61	2.87
Trigo-sarraceno ²	347	460	18	231	1.10	2.20	2.40
Cereais							
Arroz ¹	93	59	4.8	30	0.13	0.46	1.23
Cevada ¹	247	330	26.6	67.3	0.12	2.41	n. r.
Milho ¹	202	277	7.1	132	0.30	2.62	2.13
Trigo ¹	402	435	34	90	0.43	5.37	3.46
Leguminosas							
Feijão ¹	367	1361	106	147	0.76	6.99	2.83
Soja ¹	453	1590	203	210	1.17	13.50	3.54
Tremoço ¹	264	708	176	121	0.79	2.79	4.24
IDR (g/ dia)³							
Crianças (4-8 anos)	500	2300	1000	130	0.4	10	5
Mulheres (19-30 anos)	700	2600	1000	310	0.9	18	8
Homens (19-30 anos)	700	3400	1000	400	0.9	8	11

P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; IDR = Ingestão diária recomendada; n. r. = não reportado.

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em TBCA (2020)¹, USDA (2020)² e USDHHS (2020)³.

Apesar da quinoa apresentar elevada qualidade nutricional, algumas variedades e cultivares contêm fatores antinutricionais, os quais são desvantajosos para o consumidor (BASANTES-MORALES, 2019). Os principais fatores antinutricionais presentes nos grãos da quinoa são as saponinas e o ácido fítico, ainda que taninos e inibidores de tripsina possam ser encontrados em quantidades muito reduzidas (ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

A saponina é um glicosídeo, proveniente do metabolismo secundário dos vegetais que dá gosto amargo ou adstringente aos grãos, quando consumidos *in natura* (GÜÇLÜ-ÜSTÜNDAĞ; MAZZA, 2007; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). As saponinas da quinoa são solúveis em água e em metanol e apresentam propriedades detergentes, agindo, naturalmente, como proteção contra

patógenos e herbívoros. O teor de saponina nos grãos da quinoa pode variar de 0,1 a 5,0%, dependendo da variedade ou cultivar (AHAMED et al., 1998; VALENCIA-CHAMORRO, 2003; RAO; SHAHID, 2012; ANGELI et al., 2020).

Como estas saponinas estão localizadas na camada mais externa das sementes, algumas técnicas de processamento pós-colheita podem removê-la, como a lavagem em água fria, a abrasão e o descasque (RAO; SHAHID, 2012; ANGELI et al., 2020). Entretanto, estes processos podem remover, juntamente com a saponina, alguns nutrientes importantes, como os minerais (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). A lavagem, contudo, não altera o teor de vitaminas, pois estas não se encontram no pericarpo (KOZIOŁ, 1992). As saponinas, ainda, podem ser extraídas e utilizadas pelo setor industrial para a produção de cosméticos e medicamentos (GÜÇLÜ-ÜSTÜNDAĞ; MAZZA, 2007).

A quinoa Real, originária dos salares bolivianos, possui alto teor de saponina (ROJAS; PINTO, 2013). A cultivar Quinoa BRS Piabiru, devido ao melhoramento genético, não apresenta saponina (SPEHAR; SANTOS, 2002) e, portanto, é uma das cultivares mais aceitas no Brasil, pois dispensa a lavagem dos grãos, preservando, assim, os teores originais de fibras e minerais (ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010).

O ácido fítico, geralmente presente no perisperma dos cereais, é também encontrado no endosperma da quinoa, em concentrações de 10,5 a 13,5 mg/g (KOZIOŁ, 1992). Considerado um quelante de minerais essenciais, o ácido fítico forma complexos com minerais – como ferro, zinco, cálcio e magnésio – tornando-os indisponíveis para o metabolismo humano, principalmente para crianças (AHAMED et al., 1998). Este fator antinutricional pode ser reduzido através da maceração dos grãos em água, cozimento ou fermentação (MARADINI FILHO et al., 2019).

As folhas da quinoa, que também são comestíveis, podem ser consumidas cruas ou cozidas e são fontes ricas das vitaminas A e E (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). Elas contêm oxalato de cálcio, característica que leva a planta a reter umidade e, portanto, tolerar períodos de seca (SPEHAR, 2006). Contudo, o oxalato é uma substância tóxica para o ser humano e sua ingestão em excesso contribui para a formação de cálculos renais (SIENER et al., 2005).

Para reduzir a quantidade de oxalato de cálcio de suas folhas, deve-se escaldá-las em água fervente, dispensando a primeira água do cozimento (MASSEY, 2007).

4.5. Aspectos sociais e econômicos da quinoa

Entre o final da década de 2000 e o início da década de 2010, a procura pela quinoa aumentou progressivamente no mercado, fazendo com que o grão se tornasse uma *commodity* no comércio mundial (FURCHE et al., 2015), isto é, seu preço passou a ser determinado pela oferta e procura internacional. O Peru, a Bolívia e o Equador, os três principais países que, tradicionalmente, cultivavam a quinoa desde muito tempo antes da chegada dos colonizadores europeus, passaram, então, a expandir suas áreas produtivas e, conseqüentemente, a capacidade de exportação (FAO; ALADI, 2014).

O processo que resultou no aumento da oferta e da demanda da quinoa teve início com a revalorização das culturas tradicionais andinas através de políticas governamentais que estimularam seu cultivo com a finalidade de se obter um plano alimentar equilibrado. Devido aos seus diversos ecotipos, a adaptabilidade da quinoa a uma ampla variedade de condições ambientais e agrônômicas permitiu que pequenos agricultores continuassem a realizar o manejo tradicional e orgânico, agregando, assim, um valor maior ao produto final (FAO; ALADI, 2014; CARIMENTRAND et al., 2015; BRITO, 2016; BASANTES-MORALES, 2019).

Desse modo, com o desenvolvimento de novas cultivares que apresentavam características desejáveis, a produtividade da quinoa aumentou nos países andinos, atingindo uma média de 2.200 kg/ha (QUINTERO, 2014; BASANTES-MORALES, 2019). Com a validação das suas qualidades nutricionais pela academia e a conseqüente difusão deste conteúdo através das divulgações científicas, a cultura da quinoa passou a ter importância global na segurança alimentar, coincidindo com a crescente demanda dos consumidores por alimentos mais saudáveis (FAO; ALADI, 2014; BASANTES-MORALES, 2019).

Como a quinoa pode ser utilizada de diferentes maneiras na culinária como alimento funcional, a possibilidade de vinculação do produto a mercados internacionais levou à abertura de oportunidades de exportação dos países andinos, principalmente para os EUA, Canadá e União Europeia (FAO; ALADI, 2014). Em 2015, a Bolívia, o Peru e o Equador produziram 600; 1.500 e 1.700 kg/ha, respectivamente (QUINTERO, 2014; BASANTES-MORALES, 2019). Em 2019, a produção mundial de quinoa (161.415 toneladas) havia crescido 117,1% em relação a 2009 (74.353 toneladas) e 211,3% em relação à 1999 (51.849 toneladas) (FAO, 2021).

Em 2016, Peru e Bolívia lideraram as exportações da quinoa em grão, contribuindo com 44.353 e 29.416 toneladas, respectivamente, de um total de 93.809 toneladas exportadas no mundo naquele ano. Além do Equador, países como EUA, Países Baixos, Canadá, França e Alemanha também contribuíram com a exportação de mais de mil toneladas cada (PERU, 2017; FAO, 2021).

Os EUA importaram 544 toneladas de quinoa em 2005 e 26.000 toneladas em 2014, o que mostra um aumento expressivo no volume de importações nesta nação. Quanto aos demais países importadores do grão, os principais são Canadá, França, Países Baixos e Alemanha. Contribuindo com valores menos significativos, o Brasil é o principal importador do grão na América Latina, enquanto Israel e Japão lideram as importações no continente asiático (BASANTES-MORALES, 2019).

A quinoa, base da alimentação dos povos andinos, é considerada, ainda, um produto relativamente novo no mercado internacional, mas apresenta grande potencial de produção comercial e expansão agrícola. As perspectivas futuras de oferta e demanda apontam que este pseudocereal é promissor e deve continuar fortalecendo o comércio internacional nos próximos anos (FURCHE et al., 2015; BASANTES-MORALES, 2019).

5. AMARANTO (*Amaranthus* spp.)

5.1. Origem e distribuição do amaranto

O amaranto (*Amaranthus* spp.) foi domesticado há mais de 7000 anos e, desde então, tem sido cultivado para diversos usos e finalidades. Algumas espécies se destacaram no processo de domesticação por apresentarem características favoráveis ao cultivo, como *A. tricolor* L., nativa da China e da Índia. No continente americano, as principais espécies domesticadas foram *A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L. e *A. caudatus* L., nativas da Guatemala, México e Cordilheira dos Andes, respectivamente (AMAYA-FARFAN et al., 2005; DAS, 2012).

Levantamentos antropológicos revelaram que extratos de determinadas espécies foram utilizados na medicina tradicional de muitas culturas asiáticas e africanas. Antigas civilizações da China, Índia Malásia e Tailândia, por exemplo, utilizavam *A. spinosus* Linn. para tratar de queimaduras, bronquite, infecções urinárias, diarreia, verminoses, diabetes, entre outras enfermidades. Já algumas tribos nepalesas e indianas a utilizavam como indutor abortivo (BARAL et al., 2011; PETER; GANDHI, 2017).

Nas Américas, o amaranto era considerado um alimento sagrado para as civilizações Inca, Maia e, principalmente, Asteca, devido às suas propriedades nutricionais e terapêuticas e usos ritualísticos (QUINI et al., 2013). Por conta disso, no século XVI, os colonizadores espanhóis baniram o seu cultivo, já que a planta desempenhava um importante papel religioso nas cerimônias astecas (TUCKER, 1986).

5.2. Classificação e morfologia do amaranto

O gênero *Amaranthus* L., pertencente à família Amaranthaceae e à subfamília Amaranthoideae, contém cerca de 70 espécies, popularmente conhecidas como amaranto (O'BRIEN; PRICE, 2008), que ocorrem naturalmente em regiões temperadas e tropicais do mundo todo, principalmente no continente americano (PETER; GANDHI, 2017).

Assim como a quinoa, o amaranto também recebe diferentes nomes em diferentes localidades, que, inclusive, variam conforme a espécie ou ecotipo. Como exemplo, as variações fenotípicas de *Amaranthus caudatus*, na língua Aimara, são chamadas de achis, achita, chaquilla, borlas, inka, kiwicha, sangoracha, entre outros. Ao mesmo tempo, na língua Quéchua, os nomes ataku, hawarcha, inka hakatu, kiwicha e sankurachi são mais utilizados (PACHECO; MORALES, 2009).

O amaranto (*Amaranthus* spp.) é uma planta herbácea, anual e de crescimento rápido, que pode atingir mais de 2,0 m de altura e apresentar coloração variando em tons de verde, roxo e dourado (SPEHAR, 2007). Sua raiz, do tipo pivotante, possui muitas ramificações e é bastante profunda e desenvolvida, principalmente para sustentar o peso da planta adulta, mas também pode assegurar a sua sobrevivência em períodos de escassez hídrica (SUMAR-KALINOWSKI, 1986; SPEHAR, 2007).

Geralmente, o caule do amaranto, do tipo colmo, tem a mesma coloração de suas folhas, que são pecioladas, sem a presença de estípulas e com formato oval ou elíptico, podendo ser tanto opostas como alternadas (TAPIA, 2000). As inflorescências são panículas de 0,50 a 0,90 m de comprimento que podem ser amarantiformes ou glomeruladas (Figura 2) e eretas ou inclinadas, de coloração amarelada, avermelhada ou arroxeada (TAPIA, 2000; SPEHAR, 2007). Os frutos são deiscentes, do tipo pixídio, com apenas uma semente em seu interior. Quando maduros, os grãos são de cor clara e germinam rapidamente em ambientes úmidos (TAPIA, 2000; SPEHAR, 2003).

As espécies cultivadas de amaranto, nas fases iniciais de desenvolvimento, podem ser confundidas com outras espécies do gênero, principalmente algumas consideradas daninhas às culturas de interesse, como *A. hybridus* L., *A. retroflexus* L., *A. viridis* L. e *A. spinosus* Linn., popularmente conhecidas como caruru ou bredo e associadas à expansão agrícola. Porém, o crescimento do amaranto cultivado é mais vigoroso e, logo, as diferenças já se tornam evidentes (COONS, 1981; SPEHAR, 2003).

De acordo com sua funcionalidade, o amaranto pode ser classificado em quatro categorias: i) granífero; ii) hortaliça; iii) ornamental e iv) erva daninha,

sendo que cada espécie pode estar em mais de uma categoria ao mesmo tempo (O'BRIEN; PRICE, 2008). As espécies e variedades graníferas são as mais cultivadas e apreciadas ao redor do mundo, mas toda a planta pode ser consumida, por isso, o amaranto é comumente tido como uma planta alimentícia não convencional (PANC) (FINK et al., 2018). No Brasil Colônia, as folhas de certas espécies já eram utilizadas na alimentação humana (COONS, 1981).

5.3. Características agronômicas do amaranto

O amaranto cultivado pode se desenvolver em diferentes condições agronômicas, podendo suportar estresses hídricos, baixas e altas temperaturas e solos salinos, ácidos ou alcalinos, em altitudes que variam do nível do mar a mais de 3.000 metros (DYNER et al., 2007). No Brasil, o amaranto pode ser cultivado na entressafra, principalmente porque as plantas atingem a maturação em pleno período da seca, possibilitando a secagem dos grãos (SPEHAR et al., 2003).

Dentre os principais sistemas de cultivo, o amaranto pode ser facilmente consorciado com o trigo e a colza (*Brassica napus* L.), bem como intercalar o plantio do milho e da soja em sistemas de rotação de culturas (DAFF, 2010). A propagação é realizada por meio da semeadura, em sistemas de plantio direto, ou através do transplante de mudas, dependendo das condições climáticas da região (EBERT et al., 2011).

O desenvolvimento de cultivares teve início no final da década de 1970, quando a National Academy of Sciences (NAS) destacou o amaranto entre as 23 espécies tropicais mais promissoras, principalmente devido às características nutricionais da planta. A partir de então, muitos estudos foram iniciados em instituições de ensino e de pesquisa da América Latina, Europa e EUA, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida, através da alimentação, de populações que viviam em regiões nativas do amaranto (SPEHAR, 2003; ASCHERI et al., 2004).

No Brasil, a cultivar 'Amaranto BRS Alegria', desenvolvida pela EMBRAPA Cerrados (Planaltina, DF) a partir de *A. cruentus*, é resistente ao acamamento. Nas condições climáticas do centro-oeste brasileiro, por exemplo,

completa o seu ciclo de desenvolvimento entre 90 e 100 dias após o plantio, apresentando estatura média de 1,80 m, com folhas alongadas, grandes e de coloração verde, com as nervuras da face abaxial rosadas. Suas sementes, de coloração clara, podem ser facilmente distinguidas das de outras espécies invasoras, que possuem sementes escuras (SPEHAR et al., 2003; QUINI et al., 2013).

Ainda, o amaranto é pouco suscetível a contaminação por micotoxinas, como as aflatoxinas e a zearalenona, comuns em cereais e leguminosas. Desse modo, seus grãos não são um bom substrato para o crescimento e desenvolvimento de fungos, característica que é conveniente para o seu armazenamento (AMAYA-FARFAN et al., 2005).

5.4. Características nutricionais do amaranto

Considerado, desde a sua domesticação, um alimento bastante nutritivo, o amaranto tem grande potencial para continuar sendo utilizado na alimentação (TUCKER, 1986). Sua qualidade nutricional pode ter variações conforme a espécie ou cultivar selecionada, a utilização de fertilizantes durante o desenvolvimento da cultura no campo e as condições ambientais e agrônômicas da lavoura (ASCHERI et al., 2004).

Em matéria seca, o teor de proteína das três principais espécies de amaranto cultivadas no continente americano é de 13,2 a 18,2% em *A. cruentus*, 17,9% em *A. hypochondriacus* e de 17,6 a 18,4% em *A. caudatus* (GORINSTEIN et al., 1998). De modo geral, o teor proteico do amaranto, assim como o da quinoa, é superior ao de cereais, mas inferior ao de leguminosas (Tabela 1) (FERREIRA et al., 2007; TBCA, 2020).

A proteína do amaranto tem alta qualidade biológica, principalmente por conta do balanço de aminoácidos essenciais, apresentando elevados teores de aminoácidos considerados limitantes na maioria dos grãos, como lisina (5%) e aminoácidos sulfurados (4,4%) – metionina e cisteína (TEUTONICO; KNORR, 1985; BRESSANI, 1988). Outros aminoácidos, como treonina, leucina, valina e isoleucina, também estão presentes no amaranto, porém, em menores quantidades (ASCHERI et al., 2004).

No que concerne ao glúten, a sua ausência foi comprovada em *A. cruentus* var. *japonica*, produzido no Brasil (MARCÍLIO et al., 2005). Desse modo, o amaranto é, também, um ótimo alimento para os portadores da doença celíaca, já que estes são intolerantes a ingestão do glúten (ALMEIDA; SÁ, 2009).

Dentre os carboidratos presentes nos grãos do amaranto, o amido é o polissacarídeo mais abundante, representando de 50 a 60% do total (SAUNDERS; BECKER, 1984). Seus grânulos têm formato poligonal e estão estocados no perisperma. Com massa correspondente a dois terços da semente, estes grânulos são um dos menores encontrados na natureza, com diâmetro medindo de 1 a 3 µm (BREENE, 1991; QIAN; KUHN, 1999).

O principal açúcar presente no amaranto é a sacarose, encontrada em concentrações mais elevadas do que em espécies como trigo, triticale (*X Triticosecale* Wittmack) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (BECKER et al., 1981). A fibra alimentar ocorre em concentrações que variam de 4 a 8%, valores superiores aos encontrados na maioria dos cereais (2%) (Tabela 1) (TOSI et al., 2001; TBCA, 2020).

O teor lipídico do amaranto é superior ao de cereais, variando entre 6 a 8% (Tabela 1) (BREENE, 1991; TBCA, 2020), e seus principais ácidos graxos são os ácidos palmítico, oleico e linoleico (HE; CORKE, 2003; FERREIRA et al., 2007). Seu óleo difere dos demais por apresentar alto teor de esqualeno (2,4 a 8,0%), um hidrocarboneto insaturado com efeitos anticarcinogênicos, antioxidantes e hipocolesterolêmicos (BERGANZA et al., 2003; HE et al., 2002). Nos seres humanos, este composto orgânico é um metabólito intermediário da síntese de esteróis (RODAS; BRESSANI, 2009) e, para as indústrias, o esqualeno tem valor comercial na fabricação de cosméticos e lubrificantes (FERREIRA et al., 2007).

A presença e os teores de vitamina no amaranto variam muito conforme a espécie, mas, geralmente, o betacaroteno (provitamina A) e o ácido ascórbico (C) estão presentes em níveis nutricionalmente adequados – 2,5 e 4,2 mg/ 100g, respectivamente. A tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃) e tocoferóis (E) também podem ser encontrados nos grãos de determinadas espécies (Tabela 2) (AMAYA-FARFAN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007; TBCA, 2020).

Em relação aos minerais, o amaranto é fonte de fósforo (P), cálcio (Ca), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu), sendo que as concentrações de fósforo, cálcio e ferro são expressivas e superiores a dos cereais e do leite (Tabela 3) (AMAYA-FARFAN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007; TBCA, 2020).

O amaranto não contém saponina e os teores de ácido fítico e taninos são muito reduzidos, não afetando, assim, a absorção de minerais na dieta (ASCHERI et al., 2004). Entretanto, alguns fatores antinutricionais, como nitratos e oxalatos, foram detectados em suas folhas, mesmo que em quantidades incapazes de representar risco à saúde dos consumidores (AMAYA-FARFAN et al., 2005). Para que estes fatores antinutricionais sejam inativados, recomenda-se o cozimento das folhas do amaranto por cerca de dez minutos, pois os teores dos demais nutrientes, como lisina e amido, são mantidos (BRESSANI et al., 1992).

5.5. Aspectos sociais e econômicos do amaranto

As civilizações antigas já tinham conhecimento do potencial do amaranto há muitos séculos; contudo, este pseudocereal só passou a ter seu valor reconhecido pela civilização moderna a partir da segunda metade do século XX. Durante o final da década de 1990 e o início da década de 2000, os EUA e a China lideraram a produção do grão, apesar de a cultura ter tido pouquíssima relevância no mercado granífero mundial. Na China, o cultivo do amaranto ocupava mais 100.000 hectares ao ano e a sua produção, tanto de grãos como de forragem, era quase que exclusivamente destinada à alimentação animal, principalmente de suínos (COSTA; BORGES, 2005).

Devido a sua tolerância à salinidade e ao estresse hídrico, países como o Brasil tem realizado pesquisas nas áreas de nutrição, agronomia e melhoramento genético, dando aos pequenos agricultores maiores possibilidades de diversificar sua produção. Assim, o amaranto permite a comercialização de seus grãos e a utilização de suas folhas na adubação verde durante a entressafra, na produção de forragem para animais e no consumo de subsistência (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2012).

Com a procura cada vez mais frequente por alimentos mais saudáveis e funcionais, o amaranto vem ganhando destaque nas prateleiras. O Brasil não é ainda considerado um grande consumidor de amaranto e a maior parte dos grãos comercializada nos mercados brasileiros é importada de países andinos, como Chile e Peru (QUINI et al., 2013).

6. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA QUINOA E DO AMARANTO

As plantas da quinoa e do amaranto apresentam diversos usos, além da possibilidade de servirem como alimento para os seres humanos e para os animais (SPEHAR, 2006; GONÇALVES JÚNIOR et al., 2012). Algumas variedades de quinoa que apresentam inflorescências de coloração viva, por exemplo, também são vendidas como plantas ornamentais, com o objetivo de compor projetos paisagísticos (BOTANICAL INTERESTS, 2020).

Alguns usos não alimentícios de espécies de amaranto incluem a ornamentação de ambientes e a coloração de algumas bebidas alcoólicas tradicionais andinas, a partir de um pigmento extraído das folhas (TEUTONICO; KNORR, 1985; LORENZI; SOUZA, 2001). As farinhas de *A. caudatus* e de *A. cruentus* também foram utilizadas como matéria prima na elaboração de filmes biodegradáveis, já que são ricas em amido, proteínas e lipídios (TAPIA BLÁCIDO, 2006).

6.1. A quinoa e o amaranto na alimentação animal

Na região andina, a quinoa já era utilizada na alimentação de camelídeos desde muito tempo antes da colonização espanhola, principalmente compondo parte da dieta de lhamas e alpacas. Após a chegada dos espanhóis, a quinoa também passou a ser utilizada na alimentação de animais por eles introduzidos na região, como aves de postura, suínos, ovinos e bovinos (BERMEJO; LEÓN, 1994).

Muitos estudos já comprovaram que a quinoa e o amaranto podem ser utilizados na alimentação animal (CALLISAYA, 2015; PEIRETTI, 2018; MANYELO et al., 2020). De modo geral, os animais monogástricos consomem os grãos destes pseudocereais, enquanto os ruminantes se alimentam das folhas e talos, na forma de forragem ou silagem (CALLISAYA, 2015). Atualmente, devido ao aumento da demanda e, conseqüentemente, do preço pago pelos grãos destas espécies, utilizá-los na alimentação animal pode não ser uma atividade viável para o produtor, mas a incorporação de seus resíduos

culturais nas dietas de certos animais é bastante recomendada num sistema de produção integrado (CALLISAYA, 2015).

Grãos e/ou folhas e talos da quinoa foram utilizados, em diversos estudos, na alimentação de aves (JACOBSEN et al., 1997), suínos (CARLSON et al., 2011), bovinos (ASHER et al., 2020), ovinos (TORRES et al., 2018), porquinhos-da-Índia (ADUVIRI, 2007) e tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) (GUTIÉRREZ-ESPINOSA et al., 2011), e os resultados obtidos foram favoráveis, tanto para o desempenho produtivo como para a saúde destes animais. Rações contendo proporções do grão da quinoa podem suprir as necessidades nutricionais de alguns monogástricos, como aves de postura e suínos, e as folhas e os talos da planta apresentam boa digestibilidade para ruminantes (CALLISAYA, 2015).

Entretanto, as variedades de quinoa que contém saponina devem ter seus grãos lavados antes de serem fornecidos aos animais, pois seu sabor amargo inibe o consumo de ração, reduzindo o desempenho dos mesmos. O farelo da semente e as cascas dos grãos destas variedades podem conter um elevado teor de saponina, cujo efeito negativo pode ser reduzido misturando estes materiais com outros ingredientes, em proporções adequadas. Uma maneira de se evitar tais procedimentos é a utilização de grãos provenientes de cultivares que não apresentam saponina (CALLISAYA, 2015).

Para ruminantes, a presença da saponina na forragem não representa efeitos adversos em sua alimentação. Inclusive, após ingerido, este glicosídeo pode controlar certos parasitas intestinais, característica vantajosa para estes animais (CALLISAYA, 2015).

A planta do amaranto tem grande potencial na nutrição de ruminantes, pois suas folhas e talos são altamente degradáveis no rúmen, tanto frescos como ensilados (SEGUIN et al., 2013). Visando uma melhor digestibilidade, o processo da ensilagem pode reduzir alguns fatores antinutricionais presentes nas folhas do amaranto, como o oxalato de cálcio (SEGUIN et al., 2013).

A utilização de grãos e/ou folhas e talos de amaranto na alimentação de aves (PÍSAŘÍKOVÁ et al., 2006; LONGATO et al., 2017), suínos (SHILOV; ZHARKOVSKII, 2012; KAMBASHI et al., 2014), bovinos (CHAIRATANAYUTH,

1992), ovinos (JALČ et al., 1999), coelhos (MOLINA et al., 2015) e peixes, como o bagre-africano (*Clarias gariepinus* Burchell) (ADEWOLU; ADAMSON, 2011) e a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) (NIEWIADOMSKI et al., 2016), também demonstrou resultados positivos em relação ao desempenho produtivo e à saúde dos animais.

6.2. A quinoa e o amaranto na alimentação humana

Na alimentação humana, estas culturas estão entre as poucas em que suas folhas podem ser consumidas como hortaliças e seus grãos como cereais (LEHMANN, 1996). Tradicionalmente, a parte vegetativa da quinoa pode servir de alimento de diferentes formas. Quando jovem, a porção superior da planta pode ser colhida e consumida da mesma forma que o espinafre e, no momento em que tem início a diferenciação floral, os primeiros botões podem ser colhidos e consumidos da mesma maneira que os brócolis ramosos (SPEHAR, 2006). As folhas do amaranto, muito saborosas e de qualidade nutricional tão elevada quanto os grãos, podem ser consumidas tanto frescas, em saladas, como refogadas ou cozidas da mesma forma que o espinafre (NRC, 1984; AMAYA-FARFAN et al., 2005).

Comercialmente, a quinoa e o amaranto são encontrados em grãos, farinhas e flocos. Os grãos podem ser consumidos cozidos, da mesma maneira que o arroz, e incorporados em outros alimentos, como saladas, cereais matinais, sopas e molhos. As farinhas podem ser utilizadas como ingredientes no preparo de massas, biscoitos, pães, bolos, tortas, panquecas, pudins, mingaus, entre outros alimentos, podendo substituir total ou parcialmente a farinha de trigo, dependendo da preparação. Os flocos podem ser consumidos, principalmente, nas refeições matinais, acompanhado de frutas, panquecas, leite, iogurtes e vitaminas. Ainda, a quinoa e o amaranto podem ser processados e comercializados como produtos industrializados, como massas (macarrão), pães, biscoitos, barras energéticas, *snacks* e bebidas (TEIXEIRA et al., 2003; SPEHAR, 2006; FERREIRA et al., 2007; BORGES et al., 2010; CAPRILES; ARÊAS, 2012; BRITO, 2016).

O consumo destes pseudocereais nos países não andinos é baixo e limitado, especialmente o amaranto, que é ainda menos difundido do que a quinoa. No Brasil, isso ocorre, principalmente, devido ao desconhecimento da população acerca destas espécies e aos hábitos e costumes tradicionais dos brasileiros, que têm como base alimentar os cereais, sobretudo o arroz, o trigo e o milho (BORGES et al., 2010). Brito (2016) sugere que o principal motivo para essas culturas não fazerem parte da dieta atual dos povos não andinos se deve a luta de poderes que se sucedeu na antiguidade. A conquista dos Andes pelos espanhóis destruiu as civilizações que lá viviam, banindo o consumo desses grãos e reduzindo, assim, a importância do cultivo perante àquelas sociedades (TUCKER, 1986; BRITO, 2016; VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

Apesar do esquecimento dessas espécies pela civilização moderna, a composição química da quinoa e do amaranto são mais elevados do que muitos outros alimentos, principalmente os dos cereais verdadeiros (Tabela 1). A composição mineral (Tabela 2) destas espécies também é muito expressiva, assim como a concentração de vitaminas (Tabela 3) (VALENCIA-CHAMORRO, 2003; FERREIRA et al., 2007; TBCA, 2020). Com a busca da sociedade contemporânea por alimentos saudáveis e funcionais, a procura por quinoa no mundo vem crescendo ao longo dos anos, mas a produção brasileira não consegue suprir a demanda nacional. Diante disso, a importação se torna necessária, encarecendo o custo final dos grãos e limitando, assim, seu consumo por determinadas classes sociais (BRITO, 2016).

Muitos produtores rurais que cultivam esses pseudocereais em terras brasileiras enfrentam obstáculos na aquisição de sementes. Isso ocorre porque, mesmo produzidas de acordo com as recomendações, as altas temperaturas durante o armazenamento e transporte influenciam negativamente na germinação e no vigor dessas sementes, reduzindo sua qualidade intrínseca (SPEHAR et al., 2015; SOUZA et al., 2016). Por conta disso, em diversas ocasiões há dificuldade na obtenção desses grãos pelos consumidores finais em mercados brasileiros.

No início da década de 2010, países como Canadá, EUA, México, Colômbia, Brasil, Chile, Argentina, Reino Unido, França, Itália, Países Baixos,

Dinamarca, Suécia, Quênia, Índia e Austrália foram considerados potenciais produtores destes grãos por apresentarem características ambientais favoráveis ao cultivo destes pseudocereais (ROJAS, 2011). Portanto, espera-se um aumento significativo do cultivo da quinoa nestas regiões nas próximas décadas.

No Brasil, a expectativa para as próximas décadas é que haja dois sistemas de produção distintos de quinoa – a produção em larga escala, no Cerrado, e a produção orgânica e certificada, realizada pelos agricultores familiares. Desse modo, as relações comerciais seriam definidas pela qualidade *versus* preço, fortalecendo os nichos de mercado e criando oportunidades para os produtores rurais (SPEHAR et al., 2015).

Sobre o amaranto, já existem cultivares adaptadas aos solos brasileiros e o grão tem potencial suficiente para ser produzido em maior escala no país, principalmente em sistemas de rotação de culturas com leguminosas. Contudo, a decisão dos pequenos e médios agricultores em diversificar suas produções é muito influenciada pelas forças do mercado. Nesse contexto, tem sido recomendado que o papel do governo é criar e manter políticas públicas para a diversificação da produção, focadas na segurança alimentar, qualidade nutricional e funcionalidade dos alimentos (SPEHAR et al., 2003; AMAYA-FARFAN et al., 2005).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as recentes discussões sobre reeducação alimentar, diversificação da alimentação e consumo de produtos mais saudáveis, os alimentos livres de glúten que podem substituir cereais têm se destacado. A pesquisa realizada nesta revisão bibliográfica evidenciou que a qualidade nutricional da quinoa e do amaranto indicam um grande potencial para compor dietas funcionais e balanceadas. O alto teor proteico e a presença de vitaminas, minerais e outros compostos tornam estas plantas excelentes produtos que podem ser incluídos em diversas dietas. Ainda, suas características agronômicas, como a rusticidade e a adaptabilidade às diversas condições ambientais, permitem a exploração destas culturas por agricultores familiares de diversos países em desenvolvimento. Estas culturas foram negligenciadas durante a colonização espanhola nas Américas, contudo, a disseminação do conhecimento através de publicações acadêmicas, gradualmente, pode tornar possível a reinclusão destes grãos na alimentação humana. Num contexto em que a segurança alimentar tem sido discutida e evidenciada sob muitos aspectos, é fundamental que os governos criem e mantenham políticas públicas que estimulem o cultivo e o consumo de tais alimentos, visando saúde e melhoria da condição de vida da sua população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEWOLU, M. A.; ADAMSON, A. A. *Amaranthus spinosus* leaf meal as potential dietary protein source in the practical diets for *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **International Journal of Zoological Research**, Dubai, v. 7, n. 2, p. 128-137, 2011. <https://doi.org/10.3923/ijzr.2011.128.137>.

ADUVIRI, G. Aplicación de diferentes niveles de subproductos del beneficiado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la preparación de raciones para cuyes (*Cavia porcellus* L.) en crecimiento y engorde. **Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición**, Provo, v. 3, n. 1, p. 4-11, 2007.

AHAMED, N. T.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R.; PAL, M. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the composition of its edible parts. **Food and Nutrition Bulletin**, Boston, v. 19, n. 1, p. 61-70, 1998. <https://doi.org/10.1177/156482659801900110>.

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amarantho (*Amaranthus* spp.) e quinua (*Chenopodium quinoa*): alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaio e Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-56, 2005.

ANGELI, V.; SILVA, P. M.; MASSUELA, D. C.; KHAN, M. W.; HAMAR, A. KHAJEHEI, F.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; PIATTI, C. 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**, Basel, v. 9, n. 2, 2020. 31 p. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>.

APG (The Angiosperm Phylogeny Group). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>.

ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; SPEHAR, C. R. **A extração do amaranto no desenvolvimento de produtos: caracterização físico-química**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2004. 32 p.

ASHER, A.; GALILI, S.; WHITNEY, T.; RUBINOVICH, L. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-propose crop for grain production and livestock feed. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 272, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109534>.

BASANTES-MORALES, E. R.; ALCONADA, M. M.; PANTOJA, J. L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Production in the Andean Region: Challenges and

Potentials. **Journal of Experimental Agriculture International**, London, v. 36, n. 6, p. 1-18, 2019. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v36i630251>.

BARAL, M.; DATTA, A.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, P. Pharmacognostic studies on stem and leaves of *Amaranthus spinosus* Linn. **International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology**, Houston, v. 2, n. 1, p. 41-47, 2011.

BECKER, R.; WHEELER, E. L.; LORENZ, K.; STAFFORD, A. E.; GROSJEAN, O. K.; BETSCHART, A. A.; SAUNDERS, R. M. A compositional study of amaranth grain. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 4, p. 1175-1180, 1981. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03018.x>.

BERGANZA, B. E.; MORAN, A. W.; RODRIGUES, M. G.; COTO, N. M.; SANTAMARIA, M.; BRESSANI, R. Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of amaranth. **Plant Foods Human Nutrition**, Berlin, v. 58, n. 3, p. 1-6, 2003.

BERMEJO, J. E. H.; LEÓN, J. **Neglected Crops: 1492 from a different perspective**. Roma: FAO, 1994. 341 p.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa. **Revista Temas Agrarios**, Córdoba, v. 15, n. 1, p. 9-23, 2010. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.815>.

BOTANICAL INTERESTS. **Brightest Brilliant Rainbow Quinoa Seeds**. 2020. Disponível em: <<https://www.botanicalinterests.com/product/Brightest-Brilliant-Rainbow-Quinoa-Seeds>>. Acesso em: 25 set. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. **Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria**. Diário Oficial da União, Brasília, 1999a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. **Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem**. Diário Oficial da União, Brasília, 1999b.

BREENE, W. M. Food uses of grain amaranth. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 36, n. 5, p. 426-429, 1991.

BRESSANI, R. Amaranth: The nutritive value and potential uses of the grain and by-products. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 10, n. 2, p. 49-59, 1988. <https://doi.org/10.1177/156482658801000219>.

BRESSANI, R.; SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A.; MORALES, E. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality. **Food Reviews International**, Abingdon, v. 8, n. 1, p. 23-49, 1992. <https://doi.org/10.1080/87559129209540928>.

BRITO, V. S. Quinoa da gênese ao século XXI: 500 anos de dormência para uma nova perspectiva na alimentação. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 81-98, 2016.

CALLISAYA, J. A. B. Fodder and Animal Feed. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 250-266.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avaliação da qualidade tecnológica de *snacks* obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 21-29, 2012.

CARIMENTRAND, A.; BAUDOIN, A.; LACROIX, P.; BAZILE, D.; CHIA, E. Quinoa trade in Andean countries: opportunities and challenges for family. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 330-342.

CARLSON, D.; FERNANDEZ, J. A.; POULSEN, H. D.; NIELSEN, B.; JACOBSEN, S. E. Effects of quinoa hull meal on piglet performance and intestinal epithelial physiology. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, London, v. 96, n. 2, p. 198-205, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01138.x>.

CAYOJA, M. R. **Caracterización de variables continuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya**. 1996. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) - Facultad de Agronomía, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, 1996.

CHAIRATANAYUTH, P. Inclusion of amaranth crop residues in diet for cattle. **Food Reviews International**, Abingdon, v. 8, n. 1, p. 159-164, 1992. <https://doi.org/10.1080/87559129209540934>.

COONS, M. P. O gênero *Amaranthus* em Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 115-158, 1981.

COSTA, D. M. A.; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). **Holos**, Natal, ano 21, v. 1, p. 97-111, 2005.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais – compostos bioativos e efeitos fisiológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016. 504 p.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

DAFF (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries). **Amaranthus: production guideline**. Pretoria: Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2010. 24 p.

DAS, S. Domestication, phylogeny and taxonomic delimitation in underutilized grain *Amaranthus* (Amaranthaceae) – a status review. **Feddes Repertorium**, Weinheim, v. 123, p. 273-282, 2012. <https://doi.org/10.1002/fedr.201200017>.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 2, p. 101-114, 2003.

DYNER, L.; DRAGO, S. R.; PIÑERO, A.; SÁNCHEZ, H.; GONZÁLEZ, R.; VILLAAMIL, E.; VALENCIA, M. E. Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 57, n. 1, p. 69-78, 2007.

DUY, P. Q.; ABE, A.; HIRANO, M.; SAGAWA, S.; KURODA, E. Analysis of lodging-resistant characteristics of different rice genotypes grown under the standard and nitrogen-free basal dressing accompanied with sparse planting density practices. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 7, n. 3, p. 243-251, 2004.

EBERT, A. W.; WU, T.; WANG, S. **Vegetable amaranth (*Amaranthus L.*)**. Tainan: AVRDC, 2011. 9 p.

EGEWARTH, V. A.; VASCONCELOS, E. S.; STRENSKE, A.; EGEWARTH, J. F.; FRANCISCON, H.; ECHER, M. M. Características agronômicas de genótipos de quinoa no oeste do Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 3, p. 401-407, 2017. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n3p401-407>.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **FAOSTAT Statistical Database**. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración). **Tendencias y Perspectivas del Comercio Internacional de Quinoa**. Santiago: FAO, 2014. 56 p.

FDA (Food and Drug Administration). **Food labeling; gluten-free labeling of fermented of hydrolyzed foods**. Washington: FDA, 2020. 38 p.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986. p. 86.

FERREIRA, T. A. P. C.; MATIAS, A. C. G.; ARÊAS, J. A. G. Características nutricionais e funcionais do amaranto (*Amaranthus* spp.). **Nutrire**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 91-116, 2007.

FINK, S. R.; KONZEN, R. E.; VIEIRA, S. E.; ORDONEZ, A. M.; NASCIMENTO, C. R. B. Benefícios das plantas alimentícias não convencionais – PANCs: caruru (*Amaranthus viridis*), *Moringa oleifera* Lam. e ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill). **Pleiade**, Foz do Iguaçu, v. 12, n. 1, p. 39-44, 2018.

FLETCHER, R. J. Pseudocereals: Overview. In: WRIGLEY, C.; CORKE, H.; SEETHARAMAN, K.; FAUBION, J. **Encyclopedia of Food Grains**. 2. ed. Kidlington: Elsevier, 2016. p. 274-279.

FUENTES, F.; PAREDES-GONZALEZ, X. Nutraceutical perspectives of quinoa: biological properties and functional applications. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 286-299.

FURCHE, C.; SALCEDO, S.; KRIVONOS, E.; RABCZUK, P.; JARA, B.; FERNÁNDEZ, D.; CORREA, F. International quinoa trade. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 316-329.

GANDARILLAS, H. Observaciones sobre la biología reproductiva de la quinua. **Sayaña**, La Paz, v. 5, p. 26-29, 1967.

GILMAN, D. C.; PECK, H. T.; COLBY, F. M. **The New International Encyclopædia**, volume I. New York: Dodd, Mead and Company, 1905. p. 72.

GOMES, H. M. S.; TEIXEIRA, E. M. B. Pirâmide alimentar: guia para alimentação saudável. **Boletim Técnico IFTM**, Uberaba, v. 2, n. 3, p. 10-15, 2016.

GONÇALVES JÚNIOR, A.; MUSTAFÁ, F.; GERENCER, P. **Dossiê Técnico: Cultivo e Funcionalidade de Amaranto**. São Paulo: USP/DT, 2012. 24 p.

GORINSTEIN, S. Computation analysis of amino acid residue sequences of amaranth and some other proteins. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 62, n. 10, p. 1845-1851, 1998.

GÜÇLÜ-ÜSTÜNDAĞ, Ö.; MAZZA, G. Saponins: Properties, Applications and Processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Abingdon, v. 47, n. 3, p. 231-258, 2007. <https://dx.doi.org/10.1080/10408390600698197>.

GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M. C.; YOSSA-PERDOMO, M. I.; VÁSQUEZ-TORRES, W. Apparent digestibility of dry matter, protein and energy regarding fish meal, poultry by-product meal and quinoa for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Orinoquia**, Villavicencio, v. 15, n. 2, p. 169-179, 2011.

HE, H. P.; CORKE, H. Oil and squalene in *Amaranthus* grain and leaf. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 27, p. 7913-7920, 2003.

HE, H. P.; YIZHONG, C.; MEI, S.; CORKE, H. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 2, p. 368-372, 2002.

IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). **NB/NA 0038:2007**. Granos Andinos – Pseudos Cereales – Quinoa en grano – Clasificación y Requisitos (Cuarta revisión) (Anula y reemplaza a la norma NB 312004:2007). La Paz, 2007. 12 p.

IGLESIAS, M. J. Presente y futuro de los alimentos funcionales. In: IGLESIAS, M. J.; ALEJANDRE, A. P. **Alimentos saludables y de diseño específico. Alimentos funcionales**. Madrid: Ed. IM&C, 2010. p. 29-44.

ISHIMOTO, E. Y.; MONTEIRO, M. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as functional food. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 8, n. 24, p. 62-67, 2010.

JACOBSEN, E. E.; SKADHAUGE, B.; JACOBSEN, S. E. Effect of dietary inclusion of quinoa on broiler growth performance. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 65, n. 1-4, p. 5-14, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01082-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01082-6).

JALČ, D.; BARAN, M.; SIROKA, P. Use of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) for feed and its effect on rumen fermentation *in vitro*. **Czech Journal of Animal Science**, Praha, v. 44, n. 4, p. 163-167, 1999.

JOSHI, D. C.; CHAUDHARI, G. V.; SOOD, S.; KANT, L.; PATTANAYAK, A.; ZHANG, K.; FAN, Y.; JANOVSÁ, D.; MEGLIČ, V.; ZHOU, M. Revisiting the versatile buckwheat: reinvigorating genetic gains through integrated breeding and genomics approach. **Planta**, Berlin, v. 250, n. 1, p. 783-801, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03080-4>.

JOSHI, D. C.; SOOD, S.; HOSAHATTI, R.; KANT, L.; PATTANAYAK, A.; KUMAR, A.; YADAV, D.; STETTER, M. G. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. **Theoretical and Applied Genetics**,

Berlin, v. 131, n. 9, p. 1807-1823, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3138-y>.

KADEREIT, G.; BORSCH, T.; WEISING, K.; FRETAG, H. Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the Evolution of C4 Photosynthesis. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 164, n. 6, p. 959-986, 2003.

KAMBASHI, B.; PICRON, P.; BOUDRY, C.; THEWIS, A.; KIATOKO, H.; BINDELLE, J. Nutritive value of tropical forage plants fed to pigs in the Western provinces of the Democratic Republic of the Congo. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 191, n. 1, p. 47-56, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.01.012>.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. 1. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768 p.

KOZIOŁ, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Composition and Analysis**, Reading, v. 5, n. 1, p. 35-68, 1992. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6).

KREFT, S.; STRUKELJ, B.; GABERSCIK, A.; KREFT, I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLV method. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, n. 375, p. 1801-1804, 2002. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>.

LATCHAM, R. E. **La agricultura pre colombiana en Chile y los países vecinos**. Santiago: Ediciones de la Universidad de Chile, 1936. 336 p.

LEHMANN, J. W. Case history of grain amaranth as an alternative crop. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 41, n. 5, p. 399-403, 1996.

LEONEL, M. Analysis of the shape and size of starch grains from different botanical species. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300024>.

LONGATO, E.; MEINER, G.; PEIRETTI, P. G. The effect of *Amaranthus caudatus* supplementation to diets containing linseed oil on oxidative status, blood serum metabolites, growth performance and meat quality characteristics in broilers. **Animal Science Papers and Reports**, Jastrzębiec, v. 35, n. 1, p. 71-86, 2017.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001. p. 131-132.

MANYELO, T. G.; SEBOLA, N. A.; RENSBURG, E. J. V.; MABELEBELE, M. The Probable use of genus *Amaranthus* as feed material for monogastric animals. **Animals**, Basel, v. 10, n. 9, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10091504>.

MARADINI FILHO, A. M.; BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; SANT'ANA, H. M. P.; CHAVES, J. B. P.; MEDEIROS, E. A. A. Fatores antinutricionais em grãos de quinoa. In: VIERA, V. B.; PIOVESAN, N. **Avanços e desafios da nutrição 4**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 94-106. <https://doi.org/10.22533/at.ed.43919240510>.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M. A. A. P.; SPEHAR, C. R. Avaliação da farinha de amaranto na elaboração de biscoito sem glúten do tipo *cookie*. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 175-181, 2005.

MARCONE, M. F. KAKUDA, Y.; YADA, R. Y. Amaranth as a rich dietary source of Beta-sitosterol and other phytosterols. **Plant Foods for Human Nutrition**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 207-211, 2003. <https://doi.org/10.1023/b:qual.0000040334.99070.3e>.

MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; PEÑAS, E.; HERNÁNDEZ-LEDESMA, B. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. **Food and Chemical Toxicology**, Amsterdam, v. 137, n. 3, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>.

MASSEY, L. K. Food Oxalate: Factors Affecting Measurement, Biological Variation, and Bioavailability. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 107, n. 7, p. 1191-1194, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.04.007>.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; QUISPE-FUENTES, I.; RODRÍGUEZ, M. J.; MAUREIRA, H.; MARTÍNEZ, E. A. Nutritional Aspects of Six Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ecotypes from Three Geographical Areas of Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 72, n. 2, p. 175-181, 2012. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000200002>.

MOLINA, E.; GONZÁLEZ-REDONDO, P.; MORENO-ROJAS, R.; MONTERO-QUINTERO, K.; BRACHO, B.; SÁNCHEZ-URDANETA, A. Effects of diets with *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. on performance and digestibility of growing rabbits. **World Rabbit Science**, Valencia, v. 23, n. 1, p. 9-18, 2015. <https://doi.org/10.4995/wrs.2015.2071>.

MUJICA, A. **Genetic Resources of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)**. Roma: FAO, 1996. 357 p.

MUNHOZ, M. P.; SOUZA, J. O.; LEMOS, A. C. G.; GONÇALVES, R. D.; FABRIZZI, F.; OLIVEIRA, L. C. N. Efeito Hipocolesterolmiante do amaranto. **Revista Odontológica de Araçatuba**, Araçatuba, v. 35, n. 2, p. 51-54, 2014.

NAIK, S.; PARAMESH, R.; SIDDARAJU, R.; SHANKAR, P. R.; MUDALAGIRIYAPPA. Studies on growth parameters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **International Journal of Chemical Studies**, New Delhi, v. 8, n. 1, p. 393-397, 2020. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1f.8278>.

NELSON, D. L.; COX; M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 8. ed. New York: W. H. Freeman, 2021. 1248 p.

NIEWIADOMSKI, P.; GOMUŁKA, P.; POCZYCZYNSKI, P.; WOZNIAK, M.; SZMYT, M. Dietary effect of supplementation with amaranth meal on growth performance and apparent digestibility of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Polish Journal of Natural Sciences**, Olsztyn, v. 31, n. 3, p. 459–469, 2016.

NRC (National Research Council). **Amaranth: modern prospects for an ancient crop**. Washington: The National Academy Press, 1984. 92 p. <https://doi.org/10.17226/19381>.

NÚÑEZ, L. **La agricultura prehistórica en los Andes Meridionales**. Santiago: Editorial Universidad Del Norte, 1974. 197 p.

O'BRIEN, K; PRICE, M. L. **Amaranth: grain and vegetable types**. North Fort Myers: ECHO, 2008. 15 p.

OTTEN, J. J.; HELLWIG, J. P.; MEYERS, L. D. **Dietary Reference Intakes: The essential guide to nutrient requirements**. Washington: National Academy of Sciences, 2006. 1344 p.

PATEL A. K.; ROVA, U.; CHRISTAKOPOULOS, P.; MATSAKAS, L. Introduction to Essential Fatty Acids. In: PATEL A. K., MATSAKAS, L. **Nutraceutical Fatty Acids from Oleaginous Microalgae**, Beverly: Scrivener Publishing, 2020. p. 1-22. <https://doi.org/10.1002/9781119631729.ch1>.

PACHECO, Y. C.; MORALES, I. R. **Manual del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)**. Huancavelica: Cáritas Diocesana de Huancavelica, 2009. 27 p.

PEIRETTI, P. G. Amaranth in animal nutrition: a review. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 30, n. 5, 2018.

PERU. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS AGRARIAS. **Análisis Económico de la Producción Nacional de la Quinoa**. Lima: MINAGRI, 2017. 11 p.

PETER, K.; GANDHI, P. Rediscovering the therapeutic potential of *Amaranthus* species: a review. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, Mansoura, v. 4, n. 3, p. 196-205, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.001>.

PÍSAŘÍKOVÁ, B.; ZRALÝ, Z.; KRAČMAR, S.; TRČKOVÁ, M.; HERZIG, I. The use of amaranth (genus *Amaranthus* L.) in the diets for broiler chickens. **Veterinarni Medicina**, Praha, v. 51, n. 7, p. 399–407, 2006.

QIAN, J.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch**, Weinheim, v. 51, n. 4, p. 116-120, 1999.

QUINI, A. R.; DELAZARI, D. S.; FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; BARBALHO, S. M. Revisão de literatura: Importância nutricional de algumas espécies de *Amaranthus* sp. **Revista Eletrônica de Biologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 69-81, 2013.

QUINTERO, D. M. D. Vigilancia competitiva de la quinua: potencialidad para el departamento de Boyacá. **Suma de Negocios**, Bogotá, v. 5, n. 12, p. 85-95, 2014.

QURESHI, A. A.; LEHMANN, J. W.; PETERSONN, D. M. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chicken. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 126, n. 8, p. 1972-1978, 1996. <https://doi.org/10.1093/jn/126.8.1972>.

RAO, N. K.; SHAHID, M. Quinoa – a promising new crop for the Arabian Peninsula. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Faisalabad, v. 12, n. 10, p. 1350-1355, 2012. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajeaes.2012.12.10.1823>.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, Abingdon, v. 19, n. 1-2, p. 179-189, 2003. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>.

RODAS, B.; BRESSANI, R. Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 59, n. 1, p. 82-87, 2009.

ROJAS, W. **La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial**. Quillacollo: FAO, 2011. 66 p.

ROJAS, W.; PINTO, M. La diversidad genética de quinua de Bolivia. In: VARGAS, M. (Ed.). **Congreso Científico de la Quinua (Memorias)**, La Paz: IICA, 2013. p. 77-92.

SAUNDERS, R. M.; BECKER, R. *Amaranthus*: a potential food and feed resource. **Advances in Cereal Science Technology**, Saint Paul, v. 6, p. 357-396, 1984.

SCHMIDT, S. **Ilustrações: quinoa**. Acervo pessoal. 2021.

SEGUIN, P. MUSTAFA, A. F.; DONNELLY, D. J.; GÉLINAS, B. Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage. **Journal of the Sciences of Food and Agriculture**, New York, v. 93, n. 15, p. 3730-3736, 2013. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6218>.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. 1. ed. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SHILOV, V. N.; ZHARKOVSKII, A. P. Effect of using amaranth hydrolysate on efficiency of raising weaner pigs. **Russian Agricultural Sciences**, Moscow, v. 38, n. 2, p. 139-142, 2012. <https://doi.org/10.3103/S1068367412020206>.

SIENER, R.; HÖNOW, R.; SEIDLER, A.; VOSS, S.; HESSE, A. Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. **Food Chemistry**, Brussels, v. 98, n. 1, p. 220-224, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.059>.

SILVA, A. C. C.; SILVA, N. A.; PEREIRA, M. C. S.; VASSIMON, H. S. Alimentos contendo ingredientes funcionais em sua formulação: revisão de artigos publicados em revistas brasileiras. **Revista Conexão Ciência**, Formiga, v. 11, n. 2, p. 133-144, 2016.

SOUZA, F. F. J.; DEVILLA, I. A.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, I. R.; SPEHAR, C. R. Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Ago-Iwoye, v. 11, n. 15, p. 1299-1308, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016-10870>.

SPEHAR, C. R. Diferenças morfológicas entre *Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria, e as plantas daninhas *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 481-485, 2003.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R. (Ed.). **Amaranto: Opção para diversificar a agricultura e os alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 136 p.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; SANTOS, R. L. B. Desempenho agrônomico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; SANTOS, R. L. B.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, F. F. J. Advances and challenges for quinoa production and utilization in Brazil. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 562-583.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204x2002000600020>.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500015>.

SUMAR-KALINOWSKI, L. **Amaranthus sp.: El pequeño gigante**. Cusco: Relatório UNICEF, 1986. 24 p.

TAPIA, M. E. Agronomía de los cultivos andinos. In: _____. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. 2. ed. Santiago: FAO, 2000.

TAPIA BLÁCIDO, D. R. **Filmes a base de derivados do amaranto para uso em alimentos**. 2006. 385 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 7.1. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP) – Food Research Center (FoRC), 2020. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>. Acesso em: 24 dez. 2020.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2003.

TEUTONICO, R. A.; KNORR, D. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered crop. **Food Technology**, Chicago, v. 39, n. 4, p. 49-59, 1985.

TORRES, O. P. N.; RODRIGUEZ, M. B.; SANCHEZ, D.; GUISHCA-CUNUHAY, C. Productive performance, ruminal degradation and in vitro gas production in sheep fed diets based on post-harvest residues of *Chenopodium quinoa*. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, Lima, v. 29, n. 3, p. 765-773, 2018. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14836>.

TOSI, E. A.; RE, E.; LUCERO, H.; MASCIARELLI, R. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. **Food Chemistry**, Brussels, v. 73, n. 4, p. 441-443, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(00\)00326-5](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00326-5).

TOWLE, M. **The Ethnobotany of pre-Columbian Peru**. Chicago: Aldine Transaction, 1961. 180 p.

TUAN, P. A.; THWE, A. A.; KIM, Y. B.; LEE, S.; PARK, S. U. Molecular characterization and the light-dark regulation of carotenoid biosynthesis in sprouts of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). **Food Chemistry**, Brussels, v. 171, n. 4, p. 3803-3812, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.085>.

TUCKER, J. B. Amaranth: the once and future crop. **BioScience**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 9-13, 1986.

TUR, J. A.; BIBILONI, M. M. Functional Foods. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. **Encyclopedia of Food and Health**, Amsterdam: Academic Press, 2016. p. 157-161. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00340-8>.

UHLE, M. La arqueología de Arica y Tacna. **Boletín de la Sociedad Ecuatoriana de Estudios Históricos Americanos**, Quito, v. 3, p. 1-48, 1919.

USDA (United States Department of Agriculture), AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. **Food Data Central**, 2020. Disponível em: <fdc.nal.usda.gov>. Acesso em: 29 dez. 2020.

USDHHS (United States Department of Health and Human Services). **Nutrient Recommendations: Dietary Reference Intakes (DRI)**, 2020. Disponível em: <https://ods.od.nih.gov/HealthInformation/Dietary_Reference_Intakes.aspx>. Acesso em: 29 dez. 2020.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. Quinoa. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. M. **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**, Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 4895-4902.

VASCONCELOS, F. S.; VASCONCELOS, E. S.; BALAN, M. G.; SILVÉRIO, L. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 510-515, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300013>.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutritional facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 90, n. 1, p. 2541-2547, 2010. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>.

XIU-SHI, Y.; PEI-YOU, Q.; HUI-MIN, G.; GUI-XING, R. Quinoa Industry Development in China. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 46, n. 2, p. 208-219, 2019. <https://dx.doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2157>.

ZEVALLOS, V. F.; HERENCIA, L. I.; CICLITIRA, P. J. Quinoa, coeliac disease and gluten-free diet. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 300-313.

ZHU, G. L. Origin, differentiation, and geographic distribution of the Chenopodiaceae. **Journal of Systematics and Evolution**, Beijing, v. 34, n. 5, p. 486-504, 1996.

CAPÍTULO 2 – HÁBITOS DE COMPRA E CONSUMO DA QUINOA E DO AMARANTO NO BRASIL

RESUMO – A ingestão de alimentos nutritivos e funcionais tem sido tema de muitas discussões ao redor do mundo. A quinoa e o amaranto, por exemplo, são alimentos que apresentam qualidades nutricionais muito elevadas, com grande potencial para enriquecer a alimentação e trazer benefícios à saúde. Muitas informações sobre o perfil de seus consumidores podem ser obtidas quando se observa o hábito de consumo destes grãos. Portanto, objetivou-se identificar o perfil de tais consumidores e seus hábitos de consumo em relação à quinoa e ao amaranto. O levantamento de dados se deu por meio do método *Survey*, utilizando-se um questionário *on-line*, o qual continha questões sobre o perfil do consumidor, o conhecimento e consumo da quinoa e amaranto, a diversificação da alimentação e a preferência e escolha de embalagens. Após dois meses, foram obtidas 520 respostas. Cerca de 90% dos participantes conheciam a quinoa e 43% conheciam o amaranto. A qualidade nutricional elevada e a diversificação da alimentação foram os principais motivos do consumo destes pseudocereais e a compra destes produtos em grãos e a granel foram as formas mais comuns de comercialização entre os participantes. Apesar da quinoa ser mais consumida, concluiu-se interesse da maior parte dos participantes em incluir o amaranto na dieta. Uma divulgação mais ampla destes alimentos pode contribuir para que sejam incluídos na alimentação de cada vez mais pessoas.

Palavras-chave: Alimentos funcionais; *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; diversificação da alimentação; perfil de consumidor.

CHAPTER 2 – PURCHASE AND CONSUMPTION HABITS OF QUINOA AND AMARANTH IN BRAZIL

ABSTRACT – The intake of nutritious and functional foods has been the subject of many discussions around the world. Quinoa and amaranth, for example, are foods that present elevated nutritional qualities, with great potential to enrich food and bring health benefits. A lot of information about the profile of their consumers can be obtained by observing the consumption habit of these grains. Therefore, the objective was to identify the profile of such consumers and their consumption habits in relation to quinoa and amaranth. The data was collected using the Survey method and an online questionnaire, which contained questions about the consumer's profile, the knowledge and consumption of quinoa and amaranth, the diversification of food and the preference and choice of packaging. After two months, 520 responses were obtained. About 90% of the participants knew about quinoa and 43% knew about amaranth. The high nutritional quality and the diversification of the food were the main reasons for the consumption of these pseudocereals and the purchase of these products in grains and in bulk were the most common forms of commercialization among the participants. Despite the fact that quinoa is more consumed, it was concluded that most participants were interested in including amaranth in the diet. Broader dissemination of these foods can contribute to their inclusion in the diet of more and more people.

Keywords: *Amaranthus*; *Chenopodium quinoa*; consumer profile; food diversification; functional foods.

HÁBITOS DE COMPRA E CONSUMO DA QUINOA E DO AMARANTO NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

Uma alimentação saudável deve fornecer os nutrientes necessários para o organismo em quantidades adequadas, portanto, a necessidade de diversificar os alimentos ingeridos é fundamental (GOMES; TEIXEIRA, 2016). Contudo, no mundo moderno, as mudanças no estilo de vida têm sido cada vez mais frequentes e refletem diretamente na alimentação, muitas vezes contribuindo para a redução da sua qualidade. Por outro lado, no século XXI, diversos fatores têm contribuído para o aumento da qualidade na alimentação, visto que, a cada ano, cada vez mais pessoas se preocupam com a saúde associada à alimentação ingerida (FRANÇA et al., 2012).

Nos agroecossistemas, a diversificação de espécies proporciona vantagens para o ambiente e para o produtor. Características como rápido crescimento, tolerância à seca, produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e utilização humana e/ou animal são fundamentais na escolha de espécies para diversificar os sistemas produtivos (SPEHAR et al., 2003). Enquanto a condução dos monocultivos de maneira inadequada colabora para a compactação e degradação do solo e aumento da insurgência de pragas, doenças e plantas daninhas (BASANTES-MORALES, 2019), práticas como o consórcio ou a rotação de culturas trazem benefícios para a lavoura, principalmente na qualidade do solo e na dinâmica populacional de organismos invasores (FRANCHINI et al., 2011).

Alguns pseudocereais, como a quinoa e o amaranto, podem ser utilizados para diversificar a produção, já que têm potencial para interromper o ciclo de certas pragas de gramíneas e leguminosas e ainda gerar fonte de renda alternativa para o produtor (O'BRIEN; PRICE, 2008).

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma espécie herbácea nativa da Cordilheira dos Andes, que apresenta teor médio de proteína de 14,1%, além da presença de fibras, minerais e vitaminas (VALENCIA-CHAMORRO, 2003;

SPEHAR, 2006; TBCA, 2020). Suas folhas contêm deposição de oxalato de cálcio, o que faz com que a planta retenha umidade e, conseqüentemente, tolere períodos de seca (SPEHAR, 2006). No Brasil, a quinoa foi introduzida na década de 1990, com a cultivar 'Quinoa BRS Piabiru', que, devido ao melhoramento genético, não apresenta saponina, um glicosídeo que dá sabor adstringente aos grãos, quando consumidos *in natura* (SPEHAR; SANTOS, 2002).

As principais espécies de amaranto (*Amaranthus* spp.) são nativas da América Central e contêm, em matéria seca, teor médio de proteína de 13,6% (TBCA, 2020), além de elevados teores de lisina e de aminoácidos sulfurados, fibras, vitaminas (A e C) e minerais como cálcio, ferro e sódio (ASCHERI et al., 2004; AMAYA-FARFAN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007). No Brasil, a cultivar 'Amaranto BRS Alegria', desenvolvida pela EMBRAPA, tem se destacado entre os produtores, pois pode ser cultivada na entressafra de culturas de maior importância econômica (SPEHAR et al., 2003). Seus grãos são muito utilizados na fabricação de pães e biscoitos e suas folhas podem ser consumidas tanto *in natura* como refogadas (TEIXEIRA et al., 2003).

O consumo do amaranto nos países não andinos é mais baixo do que o consumo da quinoa, que também é considerado limitado. No Brasil, devido aos hábitos alimentares e costumes tradicionais herdados dos colonizadores europeus, grande parte da população mantém os cereais, em especial o arroz, o trigo e o milho, na base da alimentação (BORGES et al., 2010). Ao diversificar os alimentos consumidos, outros nutrientes passam a ser ingeridos, contribuindo para o enriquecimento da alimentação e a tornando mais saudável (GOMES; TEIXEIRA, 2016).

Estes pseudocereais, de modo geral, são comercializados de três formas distintas, cada qual destinada a um nicho específico de mercado. Os grãos podem ser cozidos e incorporados em outros alimentos, como saladas e cereais matinais; as farinhas podem substituir total ou parcialmente a farinha de trigo na massa de algumas receitas de biscoitos, pães, bolos e tortas; e os flocos podem ser incorporados em saladas de frutas, panquecas e algumas bebidas, como leite, iogurtes e vitaminas (TEIXEIRA et al., 2003; SPEHAR, 2006; FERREIRA et al., 2007; BORGES et al., 2010; BRITO, 2016).

A quinoa e o amaranto apresentam todas as características de um alimento funcional (ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010) e suas qualidades nutricionais e funcionais são muito similares entre si, como a redução do colesterol sérico e a ausência de glúten (ALMEIDA; SÁ, 2009; ZEVALLOS et al., 2015). Portanto, a inclusão destes grãos na dieta tem grande potencial para enriquecer a alimentação, trazendo benefícios à saúde, principalmente para os indivíduos portadores da doença celíaca, os quais são intolerantes a ingestão do glúten (ALMEIDA; SÁ, 2009; ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010; ZEVALLOS et al., 2015; ANGELI et al., 2020).

Como a quinoa e o amaranto são grãos morfológicamente semelhantes, cujo modo de preparo é muito parecido, é possível que o consumidor também diversifique sua alimentação entre estes dois pseudocereais, sem influenciar na ingestão dos principais nutrientes e propriedades funcionais. Visto que o consumo do amaranto é menos estimulado e divulgado do que o da quinoa, ao optar por esta substituição, o consumidor também beneficiaria, indiretamente, outros setores da cadeia produtiva, por conta do aumento da demanda.

A observação do hábito de consumo da quinoa e do amaranto pode gerar inúmeras informações sobre o perfil de seus consumidores, como gênero, faixa etária, por que consomem e, inclusive, se estão dispostos ou não a substituir a quinoa pelo amaranto, a fim de variar suas dietas, contribuindo para a diversificação de espécies nos sistemas de produção. Para isso, pode ser utilizado o método *Survey*, um método de pesquisa recomendado para a obtenção de informações sobre características, ações ou opiniões de determinada população (FREITAS et al., 2000).

Nas pesquisas quantitativas, os questionários estão entre os principais instrumentos de coleta de dados (ALYRIO, 2009). Estes podem ser definidos como um conjunto de questões elaboradas com o intuito de gerar dados que atendam aos objetivos dos pesquisadores (PARASURAMAN et al., 2006). Como, geralmente, o pesquisador não está presente no momento do preenchimento das respostas, os questionários devem ser redigidos de maneira simples e objetiva, a fim de se evitarem dificuldades na compreensão do texto e surgimento de dúvidas (ALYRIO, 2009).

O processo de amostragem deve ser definido previamente, estabelecendo-se como os elementos da população irão compor a amostra, sendo que as amostragens probabilísticas e as não probabilísticas são os principais tipos de amostragem. Na amostragem probabilística, todos os elementos da população têm probabilidade diferente de zero de pertencer à amostra, diferentemente das amostragens não probabilísticas, onde tal probabilidade é desconhecida (TAVARES, 2011).

Como falta informação e disseminação de conhecimentos a respeito da quinoa e do amaranto para os consumidores brasileiros, a produção e o consumo destes pseudocereais no Brasil ainda são baixos. Visando melhorar a saúde e a condição de vida da população, pesquisas sobre os hábitos de consumo e a determinação de perfis de consumidores têm grande importância na promoção do incentivo ao consumo de alimentos saudáveis e funcionais e da diversificação da alimentação. A divulgação dos dados obtidos nestas pesquisas também contribui para uma maior visibilidade destes grãos nos centros de comercialização.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Identificar o perfil de consumidores e hábito de consumo de quinoa e amaranto.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar o quão difundido está o conhecimento destas plantas pelos participantes;
- Verificar se os consumidores de quinoa estão dispostos a incluir, ocasionalmente, o amaranto em suas dietas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética (CAAE 20181019.0.0000.5504), em 29 de novembro de 2019.

3.1. Coleta dos dados

Para o levantamento de dados, utilizou-se o método *Survey*. Não havendo a possibilidade de quantificar a população da pesquisa, considerou-se a população como infinita, realizando-se uma amostragem não probabilística por conveniência. As amostragens não probabilísticas são caracterizadas pelo não conhecimento da probabilidade de um elemento da população pertencer a amostra, isto é, os elementos da população cujo pesquisador não tem acesso não podem compor a amostra (TAVARES, 2011). Dentre os tipos de amostragens não probabilísticas, a por conveniência é bastante usual e sugere que os participantes são escolhidos porque se encontram disponíveis e dispostos a colaborar com a pesquisa (FREITAS et al., 2000).

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário *on-line*, aplicado por meio da ferramenta Google Forms, um aplicativo de gerenciamento de pesquisas que transmite os resultados do questionário automaticamente para uma planilha. O questionário foi disponibilizado durante os meses de agosto e setembro de 2020 por um *link* que direcionava o participante à página do formulário a ser preenchido. Este *link* foi divulgado nos principais meios de comunicação eletrônicos brasileiros, podendo ser compartilhado para mais usuários pelos próprios participantes.

O questionário *on-line* aplicado continha doze questões de caráter obrigatório, sendo onze fechadas, ou seja, com alternativas predefinidas, e uma mista, isto é, que possui um item aberto dentre outros predefinidos. Optou-se por não incluir questões abertas (sem alternativas e com resposta livre) pois estas não favorecem a padronização e a uniformização dos dados (ALYRIO, 2009; GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Ao final do questionário, uma décima terceira questão, aberta e de caráter não obrigatório, foi proposta para permitir que os

participantes pudessem deixar comentários relacionados ao tema da pesquisa, como elogios, críticas, sugestões ou dúvidas (Tabela 4).

Quanto a temática das questões propostas, dentre àquelas fechadas e mistas, foram elaboradas três sobre o perfil do consumidor (gênero, faixa etária e intolerância a glúten), sete sobre o conhecimento e consumo da quinoa e amaranto, uma sobre a diversificação da alimentação e uma sobre preferência e escolha de embalagens (Figura 4).

Tabela 4. Questionário *on-line* aplicado de acordo com o método *Survey*.

1) Qual é o seu gênero?
a) Feminino.
b) Masculino.
c) Outro.
d) Prefiro não dizer.
2) Qual é a sua faixa etária?
a) 20 anos ou menos.
b) 21 a 30 anos.
c) 31 a 40 anos.
d) 41 a 50 anos.
e) 51 a 60 anos.
f) 61 anos ou mais.
3) Você tem intolerância a ingestão do glúten?
a) Sim.
b) Não.
4) Você conhece a quinoa e o amaranto?
a) Sim, apenas a quinoa.
b) Sim, apenas o amaranto.
c) Sim, ambos.
d) Não conheço nenhum.
5) Com que frequência você consome a quinoa?
a) Mais de uma vez na semana.
b) Pelo menos uma vez na semana.
c) De uma a duas vezes ao mês.
d) Menos de uma vez ao mês.
e) Não consumo.

-
- 6) Com que frequência você consome o amaranto?**
-
- a) Mais de uma vez na semana.
 - b) Pelo menos uma vez na semana.
 - c) De uma a duas vezes ao mês.
 - d) Menos de uma vez ao mês.
 - e) Não consumo.
-
- 7) Você prefere consumir esses produtos de que forma?**
-
- a) Grãos.
 - b) Farinhas.
 - c) Flocos.
 - d) As três formas acima, dependendo do que irei preparar.
 - e) Não consumo.
-
- 8) Por qual(is) motivo(s) você consome a quinoa e/ou o amaranto?**
-
- a) Qualidade nutricional elevada (por exemplo: fonte de proteínas).
 - b) Ausência de glúten.
 - c) Diversificação da alimentação.
 - d) Não consumo.
 - e) Outros:_____.
-
- 9) Qual(is) dificuldade(s) você enfrenta para consumir a quinoa?**
-
- a) Falta do produto no mercado.
 - b) Preço elevado.
 - c) Não sei preparar o produto.
 - d) Não enfrento dificuldades.
 - e) Não compro.
 - f) Não consumo.
-
- 10) Qual(is) dificuldade(s) você enfrenta para consumir o amaranto?**
-
- a) Falta do produto no mercado.
 - b) Preço elevado.
 - c) Não sei preparar o produto.
 - d) Não enfrento dificuldades.
 - e) Não compro.
 - f) Não consumo.
-
- 11) Sabendo que a quinoa e o amaranto são dois alimentos muito semelhantes morfológica e nutricionalmente, você consumiria o amaranto da mesma forma que a quinoa?**
-
- a) Sim, mesmo havendo as duas opções à disposição.
 - b) Sim, somente em caso de indisponibilidade da quinoa.
 - c) Não, mesmo havendo as duas opções à disposição.

- d) Não, mesmo em caso de indisponibilidade da quinoa.
- e) Não sei responder.
- f) Não consumo.

12) Qual tipo de embalagem para quinoa você compraria, independentemente da marca ou do preço?*

- a) Caixa de papel-cartão totalmente fechada.
 - b) Caixa de papel-cartão com parte transparente.
 - c) Pacote plástico totalmente fechado.
 - d) Pacote plástico com parte transparente.
 - e) Sem embalagem (a granel).
 - f) Não compro.
-

13) Caso se sinta confortável, deixe um comentário sobre o tema.

* A Figura 4 foi apresentada junto desta questão durante a aplicação do questionário.

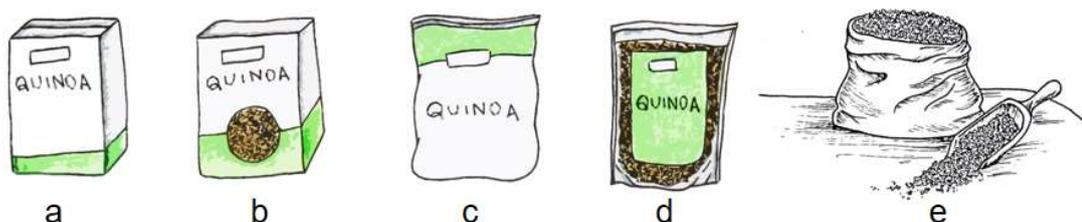


Figura 4. Principais formas de comercialização da quinoa, de acordo com o tipo de embalagem: a) caixa de papel-cartão totalmente fechada; b) caixa de papel-cartão com parte transparente; c) pacote plástico totalmente fechado; d) pacote plástico com parte transparente; e) a granel.

Fonte: Schmidt (2021).

3.2. Análise dos dados

Inicialmente, as informações obtidas após a aplicação do questionário foram analisadas individualmente, para, então, serem cruzadas entre si, utilizando-se a função Filtro do Microsoft Excel 2016. O cruzamento das informações foi realizado nas questões que foram consideradas mais importantes para responder aos objetivos da pesquisa. No caso das amostragens não probabilísticas, não é possível calcular a margem de erro resultante da generalização dos resultados da amostra para toda a população, uma vez que a probabilidade de um elemento da população pertencer a amostra é desconhecida (TAVARES, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período em que o questionário ficou disponível *on-line*, foram obtidas 520 respostas. Deste total, 70% dos participantes pertenciam ao gênero feminino e 30% ao gênero masculino e a faixa etária predominante na amostra foi a de 21 a 30 anos (Tabela 5). Apenas 2,5% dos participantes relataram possuir intolerância a ingestão do glúten.

Tabela 5. Gênero e faixa etária dos participantes da pesquisa.

Gênero	Faixa etária						TOTAL
	≤ 20	21-30	31-40	41-50	51-60	≥ 61	
Feminino	21	94	48	43	80	78	364
Masculino	25	63	25	15	17	11	156
TOTAL	46	157	73	58	97	89	520
Feminino (%)	4,0	18,1	9,2	8,3	15,4	15,0	70
Masculino (%)	4,8	12,1	4,8	2,9	3,3	2,1	30
TOTAL (%)	8,8	30,2	14,0	11,2	18,7	17,1	100

Quando questionados se conheciam a quinoa e o amaranto, 90,4% dos participantes responderam que conheciam a quinoa, 43,0% conheciam o amaranto e 8,8% não conheciam nenhuma das plantas (Tabela 6). Estes dados podem sugerir que um dos motivos para que o consumo do amaranto seja mais baixo em relação à quinoa seja a falta de conhecimento desta planta.

Tabela 6. Conhecimento sobre a quinoa e o amaranto, em relação a faixa etária e ao gênero dos participantes.

Conhecimento (%)	Geral	Faixa etária						Gênero	
		≤ 20	21-30	31-40	41-50	51-60	≥ 61	F	M
Quinoa	90,4	95,6	89,2	89,1	86,2	92,8	91,0	92,3	85,9
Amaranto	43,0	32,6	40,8	50,7	43,1	47,4	41,5	45,6	37,2
Nenhuma	8,8	4,4	10,8	8,2	12,1	7,2	7,9	6,6	14,1
TOTAL (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

F = feminino; M = masculino.

Ao relacionar estas informações com a faixa etária dos participantes, observou-se que os participantes mais jovens, isto é, com 20 anos de idade ou menos, foram os que mais tinham conhecimento sobre a quinoa, totalizando 95,6%. Por outro lado, este mesmo grupo apresentou o valor mais baixo para o conhecimento sobre o amaranto (32,6%). Os participantes com mais de 50 anos de idade também apresentaram valores acima da média para o conhecimento sobre a quinoa, e o conhecimento sobre o amaranto foi maior entre os participantes com 31 a 40 anos de idade.

Por conta das elevadas qualidades nutricionais e funcionais da quinoa, este grão se tornou um alimento muito difundido entre pessoas que desejam ter uma alimentação saudável e balanceada (ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010). Portanto, a divulgação e a propaganda feita por influenciadores digitais desse nicho pode ser um dos fatores do porquê os mais jovens são os que mais conhecem esse produto, uma vez que os mesmos têm mais acesso a mídias sociais e dispositivos eletrônicos no Brasil (WE ARE SOCIAL INC., 2021).

Em relação ao gênero, observou-se que uma maior porcentagem dos participantes masculinos (14,1%) não conhecia nenhum destes pseudocereais, quando comparado ao grupo feminino (6,6%). Todos os participantes com intolerância a ingestão do glúten conheciam a quinoa, porém 30,8% deles não conheciam o amaranto, sugerindo que o consumo deste grão é menos estimulado e difundido, mesmo entre os portadores da doença celíaca.

Em pesquisa semelhante, Tarouco et al. (2019) observaram, após aplicação de um questionário para 113 frequentadores de estabelecimentos do setor alimentício em São Miguel do Oeste, SC, que apenas 53,1% dos participantes conheciam a quinoa. A discrepância no valor para esta questão, frente aos 90,4% encontrados nesta pesquisa, pode estar relacionada a abrangência da amostragem populacional, uma vez que a aplicação do questionário *on-line* não foi focada numa localidade específica.

Dos 474 participantes que conheciam a quinoa e/ou o amaranto, 312 (65,8%) relataram que já consumiram algum ou ambos os pseudocereais, sendo que 65,2% consumiram a quinoa e 20,7% consumiram o amaranto. Tarouco et

al. (2019) obtiveram valores de 72,4% para participantes que conheciam a quinoa e já a consumiram em alguma ocasião.

A frequência de consumo seguiu o mesmo padrão para ambas as espécies e a maioria dos participantes consumiam a quinoa e/ou o amaranto menos de uma vez ao mês (Tabela 7). A frequência de consumo mais observada por Tarouco et al. (2019) para a quinoa foi de uma a duas vezes na semana.

Tabela 7. Frequência de consumo da quinoa e do amaranto.

Frequência de consumo (%)	Quinoa	Amaranto
Mais de uma vez na semana	7,2	2,1
Pelo menos uma vez na semana	8,2	2,5
De uma a duas vezes ao mês	15,2	3,6
Menos de uma vez ao mês	34,6	12,5
Não consome	34,8	79,3
TOTAL (%)	100	100

Para a amostra desta pesquisa, o perfil de consumidor mais frequente foi o de homens e mulheres de 31 a 40 anos e 61 anos ou mais para a quinoa e de homens e mulheres de 51 a 60 anos para o amaranto. Considerou-se frequente o consumo destes pseudocereais uma ou mais vezes na semana. Em relação aos participantes portadores da doença celíaca, a frequência de consumo destes pseudocereais uma ou mais vezes na semana foi de 30,8% para a quinoa e de 15,4% para o amaranto.

Os motivos pelos quais os participantes consumiam a quinoa e/ou o amaranto foram classificados em sete categorias: i) qualidade nutricional elevada; ii) diversificação da alimentação; iii) ausência de glúten; iv) sabor agradável; v) indicação de amigos e/ou família; vi) substituição de ingredientes em determinadas receitas e vii) indicação de nutricionistas (Tabela 8).

A qualidade nutricional elevada e a diversificação da alimentação foram os principais motivos do consumo destes pseudocereais. Para Tarouco et al. (2019), a qualidade nutricional elevada da quinoa também foi o principal motivo do consumo deste pseudocereal, seguido por sabor agradável e indicação de algum conhecido.

Tabela 8. Motivos do consumo da quinoa e do amaranto.

Motivos (%)	Frequência
Qualidade nutricional elevada	58,9
Diversificação da alimentação	58,5
Ausência de glúten	6,3
Sabor agradável	2,5
Indicação de amigos e/ou família	1,3
Substituição de ingredientes em determinadas receitas	1,0
Indicação de nutricionistas	0,6

Relacionando os dois principais motivos do consumo destes pseudocereais com a faixa etária dos participantes, observou-se que os mais jovens tendiam a consumi-los para diversificar a alimentação, enquanto os mais velhos os consumiam por conta da qualidade nutricional elevada. Em relação ao gênero dos participantes, a maioria das mulheres consumia a quinoa e/ou o amaranto por causa da qualidade nutricional elevada e a maioria dos homens os consumiam para diversificar a alimentação (Tabela 9).

Tabela 9. Motivos do consumo da quinoa e do amaranto, em relação a faixa etária e ao gênero dos participantes.

Motivos (%)	Faixa etária						Gênero	
	≤ 20	21-30	31-40	41-50	51-60	≥ 61	F	M
Qualidade nutricional elevada	50,0	63,6	63,4	67,7	49,2	57,1	61,0	53,4
Diversificação da alimentação	69,2	67,7	58,5	41,9	57,1	48,2	57,0	62,5

F = feminino; M = masculino.

O fato de muitos participantes estarem consumindo estes pseudocereais para diversificarem suas dietas é muito positivo, pois a ingestão de alimentos diferentes faz com que uma variedade maior de nutrientes chegue ao organismo (GOMES; TEIXEIRA, 2016). Dietas não diversas foram consideradas empobrecidas e monótonas por muitas famílias de trabalhadores entrevistadas no município de Paulínia, SP, sugerindo que a utilização dos mesmos produtos na maioria das refeições também prejudica a sensação de bem-estar das

peças (CANESQUI, 2005). Desse modo, o consumo da quinoa e do amaranto pode contribuir para a diversificação e o enriquecimento da alimentação de diversas famílias.

Na Cidade do México, capital mexicana, Rojas-Rivas et al. (2019) também verificaram, por meio da aplicação de um questionário para 610 consumidores de amaranto, que os participantes idosos relacionaram o motivo do consumo com propriedades funcionais e promoção da saúde numa proporção maior do que os participantes mais jovens. Ainda, estes autores observaram que o consumo do amaranto por conta da tradição familiar é bem elevado, fato que pode ser justificado por conta do centro de origem da espécie.

Os participantes que consomem ou já consumiram estes pseudocereais apontaram algumas dificuldades por eles enfrentadas no momento da compra e/ou do consumo da quinoa e do amaranto (Tabela 10). Para ambas as espécies, o preço elevado do produto foi a maior barreira encontrada, seguida do desconhecimento do modo de preparo do produto e da falta do produto nos mercados.

Tabela 10. Dificuldades enfrentadas para o consumo da quinoa e do amaranto.

Dificuldades (%)	Quinoa	Amaranto
Preço elevado	46,7	38,9
Desconhecimento do modo de preparo do produto	25,1	35,0
Falta do produto no mercado	12,8	28,7
Sem dificuldades	38,2	26,8

Ao comparar as duas espécies, observou-se que uma porcentagem maior de participantes relacionou o preço elevado à quinoa, enquanto o desconhecimento do modo de preparo do produto e a falta do mesmo no mercado apresentaram maiores valores para o amaranto. Para Tarouco et al. (2019), a falta de conhecimentos dos benefícios e o preço elevado também foram os principais fatores impeditivos para o consumo da quinoa.

Nesta pesquisa, cerca de 38,2 e 26,8% dos consumidores de quinoa e de amaranto, respectivamente, não enfrentavam dificuldades na obtenção destes

produtos. Contudo, nota-se que o amaranto apresentou mais empecilhos em relação a quinoa.

A exposição desses fatores impeditivos para o consumo justifica fortemente a necessidade de novas estratégias para a inserção desses pseudocereais no mercado nacional. O aumento na oferta destes produtos poderia, também, promover a redução de seus preços no mercado, contribuindo, assim, com a solução de duas das dificuldades apontadas pelos participantes desta pesquisa.

A quinoa e/ou o amaranto em grãos foi a forma de consumo mais comum entre os participantes que consumiam estes pseudocereais, totalizando 53,2%. Farinhas e flocos, juntos, somaram 20,2%, sugerindo que não são as formas de consumo mais populares entre a população amostral. Outros 26,6% responderam que optariam pelas três formas de comercialização destes produtos, dependendo da receita que estivessem preparando (Tabela 11).

Tabela 11. Formas de consumo da quinoa e do amaranto.

Formas de consumo (%)	Frequência
Grãos	53,2
Flocos	11,2
Farinhas	9,0
As três formas, dependendo da receita a ser preparada	26,6
TOTAL (%)	100

Tarouco et al. (2019) também relataram o mesmo padrão de preferência na forma de consumo da quinoa acerca dos participantes de São Miguel do Oeste, SC; a preferência por grãos, flocos e farinhas foi de 69,8; 18,6 e 7,0% do total de consumidores de quinoa, respectivamente. Destaca-se que essa preferência se baseia muito na oferta do produto, uma vez que o grão é a forma de comercialização mais comum, o que interfere diretamente no momento da compra.

De modo geral, a compra da quinoa e/ou do amaranto a granel foi a forma de comercialização mais comum entre os participantes (Tabela 12). Dentre as outras formas de comercialização, as embalagens de papel cartão foram mais

aceitas do que as plásticas e as que possuíam uma parte transparente foram mais aceitas do que aquelas totalmente fechadas.

Tabela 12. Preferência do tipo de embalagem utilizada para comercializar a quinoa e o amaranto.

Tipos de embalagem (%)	Geral	Grãos	Flocos	Farinhas
Pacote plástico totalmente fechado	5,5	4,9	14,3	3,5
Caixa de papel cartão totalmente fechada	13,1	7,3	17,1	27,6
Pacote plástico com parte transparente	16,2	17,0	2,9	24,1
Caixa de papel cartão com parte transparente	29,0	26,1	42,9	20,7
Sem embalagem – a granel	36,3	44,9	22,9	24,1
TOTAL (%)	100	100	100	100

Contudo, ao observar a forma que esses participantes preferiam consumir estes pseudocereais, percebe-se que o consumo a granel só foi maior no caso dos grãos. Para flocos, os participantes tiveram preferência por embalagens de papel cartão com parte transparente e, para farinhas, a preferência foi por caixas de papel cartão totalmente fechadas. Desse modo, observa-se que a visibilidade do produto é um fator muito importante no momento da compra, principalmente para grãos e flocos.

Ao questionar sobre as embalagens utilizadas para a comercialização de amaranto na Cidade do México, Rojas-Rivas et al. (2019) verificaram que praticamente todos os participantes da pesquisa, independentemente do gênero ou faixa etária, não estavam interessados em embalagens rotuladas, optando pelo consumo a granel. Este comportamento, mais uma vez, indica que a tradição alimentar de um povo ainda pode influenciar muito nos costumes da população moderna.

No Brasil, o consumo da quinoa e do amaranto a granel não está relacionado à tradição alimentar, uma vez que os hábitos e costumes tradicionais dos brasileiros foram herdados dos colonizadores europeus, os quais tinham os cereais, como o arroz e o trigo, na base da alimentação (BORGES et al., 2010). A tendência do consumo de produtos a granel pode estar relacionada a outro fator, como a mudança no comportamento de consumidores nos últimos anos. Alguns estudos indicam que muitos consumidores têm mudado seus hábitos de consumo, optando por produtos que gerem menos resíduos e causem menos

impactos no meio ambiente, ao invés de satisfazerem apenas suas necessidades individuais (KHEIRY; NAKHAEI, 2012; RAMALHO, 2019).

A escolha por embalagens que não sejam de plástico também indica que este material não é muito aceito entre os consumidores de pseudocereais. Como esses produtos estão relacionados à sustentabilidade e a uma vida mais saudável, pode-se inferir que o perfil do consumidor desses produtos são pessoas que se preocupam não apenas com a sua saúde, mas também com o meio ambiente.

Cerca de 57,4% dos participantes que consumiam a quinoa responderam que consumiriam o amaranto da mesma maneira em suas dietas, sendo que 16,4% o fariam apenas no caso de indisponibilidade da quinoa, sugerindo que a maioria dos participantes estão dispostos a incluir o amaranto na alimentação (Tabela 13). Por outro lado, 5,5% dos participantes não consumiriam o amaranto, em todas as condições propostas, e 37,1% deles não souberam responder a esta questão.

Tabela 13. Inclusão do amaranto na dieta de consumidores de quinoa.

Substituição (%)	Frequência
Sim, mesmo havendo as duas opções à disposição	41,0
Sim, somente em caso de indisponibilidade da quinoa	16,4
Não, mesmo havendo as duas opções à disposição	3,8
Não, mesmo em caso de indisponibilidade da quinoa	1,7
Não soube responder	37,1
TOTAL (%)	100

Em relação a quinoa, Tarouco et al. (2019) observaram que, dos participantes que não a conheciam, 68,3% gostariam de consumi-la, após conhecerem alguns de seus benefícios e qualidades nutricionais. Em contrapartida, 31,7% dos participantes que não conheciam a quinoa não se interessaram por este alimento, mesmo após tomarem conhecimento de suas propriedades nutricionais e funcionais.

A partir das respostas obtidas no questionário, o amaranto, mesmo sendo menos conhecido do que a quinoa, tem potencial para ser consumido numa maior frequência entre os participantes desta pesquisa. Ainda que muitos não

souberam responder a esta questão, percebe-se que há uma abertura para o consumo de novos produtos, uma vez que a porcentagem de participantes que não se interessou por este alimento é muito baixa.

Em relação a última questão do questionário, aberta e não obrigatória, foram obtidos 136 comentários, o que correspondeu a 26,2% do total de participantes. Cada comentário foi agrupado em seis categorias distintas, conforme a ideia principal transmitida pela frase (Tabela 14).

Tabela 14. Comentários dos participantes desta pesquisa.

Comentários (%)	Frequência
Gostava, consumia e/ou comprava a quinoa e/ou o amaranto	26,5
Conhecia a quinoa e/ou o amaranto, mas não os consumia	26,5
Não conhecia a quinoa e/ou o amaranto, mas pretende experimentá-los e /ou incorporá-los na alimentação	10,3
Salientou a importância da diversificação da alimentação e/ou do consumo de alimentos funcionais	16,2
Compartilhou receitas que envolviam a quinoa e/ou o amaranto	1,5
Elogiou a pesquisa e/ou o trabalho do pesquisador	19,1
TOTAL (%)	100

De modo geral, pôde-se observar que a maior parte dos comentários relacionados ao tema da pesquisa foram afirmações sobre o consumo ou o não consumo destes pseudocereais. Vale também ressaltar que alguns participantes que até então desconheciam estes produtos pretendem experimentá-los e incorporá-los na alimentação, indicando que pesquisas desse tipo podem auxiliar na divulgação de conhecimentos e trazer informações e esclarecimentos à população.

5. CONCLUSÃO

Quanto ao perfil dos consumidores identificado na amostra desta pesquisa, a quinoa era mais consumida por homens e mulheres de 31 a 40 anos e 61 anos ou mais e o amaranto era mais consumido por homens e mulheres de 51 a 60 anos. Apesar da frequência de consumo entre a maioria dos participantes ter sido baixa, menos de uma vez ao mês, a qualidade nutricional elevada e a diversificação da alimentação foram os principais motivos para o consumo destes alimentos. A quinoa e o amaranto em grãos e a granel foram as formas de consumo e de comercialização mais comuns entre os participantes, porém, caixas de papel cartão também foram preferidas entre os consumidores de flocos e farinhas. Quanto à disposição dos participantes em consumir, eventualmente, o amaranto da mesma forma que a quinoa, concluiu-se que a maior parte dos participantes estava disposta a tal inclusão. Destaca-se que a divulgação de produtos como a quinoa e o amaranto pode contribuir para que estes grãos sejam incluídos na alimentação da população brasileira, mesmo que de forma lenta e gradual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amarantho (*Amaranthus* spp.) e quinoa (*Chenopodium quinoa*): alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaios e Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

ALYRIO, R. D. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009. 281 p.

AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amarantho (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-56, 2005.

ANGELI, V.; SILVA, P. M.; MASSUELA, D. C.; KHAN, M. W.; HAMAR, A. KHAJEHEI, F.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; PIATTI, C. 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**, Basel, v. 9, n. 2, 2020. 31 p. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>.

ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; SPEHAR, C. R. **A Extração do amarantho no desenvolvimento de produtos: caracterização físico-química**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2004. 32 p.

BASANTES-MORALES, E. R.; ALCONADA, M. M.; PANTOJA, J. L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Production in the Andean Region: Challenges and Potentials. **Journal of Experimental Agriculture International**, London, v. 36, n. 6, p. 1-18, 2019. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v36i630251>.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa. **Revista Temas Agrários**, Córdoba, v. 15, n. 1, p. 9-23, 2010. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.815>.

BRITO, V. S. Quinoa da gênese ao século XXI: 500 anos de dormência para uma nova perspectiva na alimentação. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 81-98, 2016.

CANESQUI, A. M. Mudanças e permanências da prática alimentar cotidiana de famílias de trabalhadores. In: _____. **Antropologia e nutrição: um diálogo possível**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2005. 306 p.

FERREIRA, T. A. P. C.; MATIAS, A. C. G.; ARÊAS, J. A. G. Características nutricionais e funcionais do amarantho (*Amaranthus* spp.). **Nutrire**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 91-116, 2007.

FRANÇA, F. C. O.; MENDES, A. C. R.; ANDRADE, I. S.; RIBEIRO, G. S.; PINHEIRO, I. B. Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela

industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro. In: Seminário Alimentação e Cultura na Bahia, 1, 2012, Feira de Santana. **Anais... (on-line)**.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa *Survey*. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GOMES, H. M. S.; TEIXEIRA, E. M. B. Pirâmide alimentar: guia para alimentação saudável. **Boletim Técnico IFTM**, Uberaba, v. 2, n. 3, p. 10-15, 2016.

ISHIMOTO, E. Y.; MONTEIRO, M. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as functional food. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 8, n. 24, p. 62-67, 2010.

KHEIRY, B.; NAKHAEI, A. Consumers' green purchase decision: an examination of environmental beliefs, environmental literacy and demographics. **International Journal of Marketing and Technology**, Haryana, v. 2, n. 9, p. 171–183, 2012.

O'BRIEN, K; PRICE, M. L. **Amaranth: grain and vegetable types**. North Fort Myers: ECHO, 2008. 15 p.

PARASURAMAN, A; GREWAL, D; KRISHNAN. **Marketing research**. 2. ed. Boston: Cengage Learning, 2006. 638 p.

RAMALHO, R. R. **Comportamento de compra da geração *millennial* no retalho alimentar: produtos embalados vs produtos a granel**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Marketing) – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019.

ROJAS-RIVAS, E.; ESPINOZA-ORTEGA, A.; THOMÉ-ORTIZ, H.; MOCTEZUMA-PÉREZ, S. Consumer's perception of amaranth in Mexico: a traditional food with characteristics of functional foods. **British Food Journal**, London, v. 121, n. 6, p. 1190-1202, 2019. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2018-0334>.

SCHMIDT, S. **Ilustrações: quinoa**. Acervo pessoal. 2021.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204x2002000600020>.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500015>.

TAROUCO, E. E. G.; MORIGI, G.; FONSECA, T. A. **Consumo e comercialização de quinoa em São Miguel do Oeste – SC**. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Agropecuária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2019.

TAVARES, M. **Estatística Aplicada à Administração**. Florianópolis: UFSC, 2011. 222 p.

TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 7.1. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP) – Food Research Center (FoRC), 2020. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>. Acesso em: 24 dez. 2020.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amarantho para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2003.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. Quinoa. In: CABALERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. M. **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**, Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 4895-4902.

WE ARE SOCIAL INC. **Digital 2021: Brazil**. New York: Hootsuite, 2021. Disponível em: <<https://datareportal.com/reports/digital-2021-brazil>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

ZEVALLOS, V. F.; HERENCIA, L. I.; CICLITIRA, P. J. Quinoa, coeliac disease and gluten-free diet. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); CIRAD (Agricultural Research Centre for International Development). **State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013**. Roma: FAO, 2015. p. 300-313.

CAPÍTULO 3 – DETERMINAÇÃO DA CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DA QUINOA E DO AMARANTO

RESUMO – De modo geral, o processamento e a industrialização de muitos alimentos, como a quinoa e o amaranto, exigem a hidratação de seus grãos antes do cozimento. Desse modo, objetivou-se avaliar a cinética de hidratação da quinoa (*Chenopodium quinoa* var. Salcedo INIA) e do amaranto (*Amaranthus caudatus* var. Oscar Blanco), visando observar a transferência de massa de água para os grãos. Foram realizados ensaios em quatro temperaturas (25, 50, 75 e 100 °C), em que o ganho de massa por absorção de água foi monitorado em intervalos de cinco minutos por um período de duas horas e o diâmetro dos grãos foi mensurado. O modelo de Peleg foi aplicado nos dados obtidos, possibilitando o cálculo da taxa de absorção de água no início do processo, do teor de umidade máximo alcançado, e da energia de ativação da reação. Os grãos de quinoa apresentaram diâmetro máximo de 30% após a hidratação a 100 °C e os grãos de amaranto registraram aumento máximo de 12,73% após a hidratação a 75 °C. Para os dois grãos, o modelo de Peleg adequou-se ao processo de hidratação em todas as temperaturas, tornando possível o cálculo das constantes do modelo. O ganho de massa dos grãos, após a hidratação, chegou a 205,5% para a quinoa e a 150,1% para o amaranto. A energia de ativação foi de 11,489 kJ mol⁻¹ para a hidratação da quinoa e de 16,903 kJ mol⁻¹ para a hidratação do amaranto. A temperatura de gelatinização do amido, em ambos os grãos, pode ter influenciado muitos parâmetros durante o processo de hidratação, como o aumento do volume dos grãos, o tempo para a estabilização do ganho de massa, a absorção máxima de água e a velocidade de absorção.

Palavras-chave: Absorção de água; *Amaranthus caudatus*; *Chenopodium quinoa*; energia de ativação; modelo de Peleg.

CHAPTER 3 – HYDRATION KINETICS OF QUINOA AND AMARANTH GRAINS

ABSTRACT – In general, the processing and industrialization of several foods, such as quinoa and amaranth, require the hydration of their grains before cooking. Thus, the objective was to evaluate the hydration kinetics of quinoa (*Chenopodium quinoa* var. Salcedo INIA) and amaranth (*Amaranthus caudatus* var. Oscar Blanco), in order to observe the transfer of water mass to the grains. Tests were carried out at four temperatures (25, 50, 75 and 100 °C), in which the mass gain by water absorption was monitored at intervals of five minutes for a period of two hours and the diameter of the grains was measured. The Peleg model was applied to the data obtained, making it possible to calculate the water absorption rate at the beginning of the process, the maximum moisture content achieved, and the activation energy of the reaction. Quinoa grains showed a maximum diameter 30% larger after hydration at 100 °C and amaranth grains registered a maximum increase of 12.73% after hydration at 75 °C. For both grains, the Peleg model suited to the hydration process at all temperatures, making it possible to calculate the model constants. The mass gain of the grains after hydration reached 205.5% for quinoa and 150.1% for amaranth. The activation energy was 11.489 kJ mol⁻¹ for hydrating quinoa and 16.903 kJ mol⁻¹ for hydrating amaranth. The gelatinization temperature of the starch, in both grains, may have influenced many parameters during the hydration process, such as the increase in the volume of the grains, the time for the stabilization of the mass gain, the maximum water absorption and the speed of absorption.

Keywords: Activation energy; *Amaranthus caudatus*; *Chenopodium quinoa*; Peleg model; Water absorption.

DETERMINAÇÃO DA CINÉTICA DE HIDRATAÇÃO DA QUINOA E DO AMARANTO

1. INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) e o amaranto (*Amaranthus* spp.) são pseudocereais que apresentam elevadas qualidades nutricionais e funcionais, logo, a inclusão de seus grãos na alimentação pode enriquecer dietas e beneficiar a saúde (ALMEIDA; SÁ, 2009; ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010). O consumo regular destes grãos pode auxiliar na redução do colesterol sérico e na prevenção de cânceres e doenças cardiovasculares (BERGANZA et al., 2003; DOGAN; KARWE, 2003; MARCONE et al., 2003; REPO-CARRASCO, 2003; FERREIRA et al., 2007). Ainda, a ausência de glúten permite que indivíduos portadores da doença celíaca possam incorporar tais alimentos em suas dietas (ALMEIDA; SÁ, 2009; ISHIMOTO; MONTEIRO, 2010).

Estas plantas são nativas do continente americano e se adaptam facilmente a diversas altitudes e condições climáticas (VALENCIA-CHAMORRO, 2003; AMAYA-FARFAN et al., 2005). Antigamente, essas culturas eram amplamente cultivadas e consumidas por civilizações andinas, que foram perdendo sua importância à medida que os colonizadores espanhóis avançavam na região. A reintrodução destes grãos na alimentação moderna se deu a partir da segunda metade do século XX (COSTA; BORGES, 2005; BRITO, 2016). Atualmente, são comercializados nas formas de grãos, farinhas ou flocos, e são consumidos, principalmente, como saladas ou utilizados na composição de massas, pães, biscoitos e bolos (TEIXEIRA et al., 2003; SPEHAR, 2006; FERREIRA et al., 2007; BORGES et al., 2010; BRITO, 2016).

O processamento de grãos de quinoa e amaranto, muitas vezes, exige a hidratação antes do cozimento, assim como ocorre com diversos grãos de cereais e de leguminosas. Por conta disso, o estudo da transferência da massa de água para grãos é fundamental para a otimização de diversas etapas de processamento e industrialização (FERRAZ, 2008; MOURA et al., 2019). Neste âmbito, a umidade em função do tempo pode ser representada por diversos

modelos matemáticos, os quais são classificados em empíricos ou fenomenológicos (COUTINHO et al., 2005; GOWEN et al., 2007).

De modo geral, os modelos fenomenológicos consideram os processos fundamentais da difusão da massa de água em meio poroso, enquanto os modelos empíricos são obtidos apenas a partir de correlações matemáticas dos dados experimentais, não levando em consideração os processos físicos fundamentais (COUTINHO et al., 2005; GOWEN et al., 2007). Por conta disso, os modelos empíricos são mais utilizados, já que apresentam maior facilidade de aplicação e de interpretação dos dados (GOWEN et al., 2007).

Dentre os principais modelos empíricos se encontram o modelo de Pilosof-Boquet-Batholomai (PILOSOF et al., 1985), o modelo de Singh-Kulshrestha (SINGH; KULSHRESTHA, 1987) e o modelo de Peleg (PELEG, 1988). Os modelos fenomenológicos são divididos, basicamente, em modelos de parâmetros concentrados e modelos de parâmetros distribuídos (COUTINHO et al., 2007).

O modelo empírico de Peleg é de caráter não exponencial e avalia os dados por meio da relação entre o inverso da razão da umidade da matriz sólida em relação ao tempo (FERRAZ, 2008). A equação proposta por Peleg (1988) pode ser tanto uma soma como uma subtração, dependendo do tipo do processo, isto é, se o mesmo envolve absorção ou dessorção de água (PLANINIĆ et al., 2005). Com esse modelo, torna-se possível calcular a cinética de hidratação dos grãos até o equilíbrio, com base em dados experimentais de curto prazo (PELEG, 1988; TURHAN et al., 2002).

Uma vez obtidos os parâmetros da Equação de Peleg (PELEG, 1988), torna-se possível calcular a energia de ativação da reação de hidratação por meio da Equação de Arrhenius (ARRHENIUS, 1889). A energia de ativação de uma reação é a energia mínima necessária para que os reagentes colidam e ocasionem uma reação química (ORIQUI et al., 2013).

A hidratação é um processo que, em conjunto com a temperatura da água, age na qualidade fisiológica dos grãos, melhorando sua digestibilidade e possibilitando a extração de determinados componentes, sejam eles de interesse ou até mesmo fatores antinutricionais (OMOTO et al., 2009). Ainda, a

hidratação pode modificar a textura dos grãos, contribuindo para que alguns processos, como a moagem e a extração de proteínas, sejam facilitados (PAN; TANGRATANAVALEE, 2003). Desse modo, torna-se fundamental o estabelecimento da cinética de hidratação dos grãos para que os dados obtidos possam auxiliar e otimizar o processamento e a industrialização destes alimentos, tendo em vista a redução de tempo e recursos e evitando desperdícios.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a cinética de hidratação da quinoa e do amaranto.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar o diâmetro de grãos de quinoa e de amaranto antes e após a hidratação em água em diferentes temperaturas;
- Determinar o perfil de hidratação de grãos de quinoa e amaranto;
- Aplicar o modelo matemático de Peleg nos dados experimentais;
- Aplicar a Equação de Arrhenius nos dados experimentais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria prima

Os grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* var. Salcedo INIA) e de amaranto (*Amaranthus caudatus* var. Oscar Blanco) (Figura 5), ambos originários do Peru, foram adquiridos na zona cerealista de São Paulo, SP, em julho de 2020. Após a aquisição, os grãos foram acondicionados em sacos de plástico por 30 dias em temperatura ambiente ($25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) e umidade relativa do ar controlada (60%) até o momento das análises.

O teor de umidade inicial dos grãos, em base seca, foi determinado por radiação infravermelho, por meio de um analisador de umidade Gehaka IV2500, ajustado para que as amostras atingissem 105 °C . As mesmas foram mantidas no equipamento até que as massas fossem constantes.

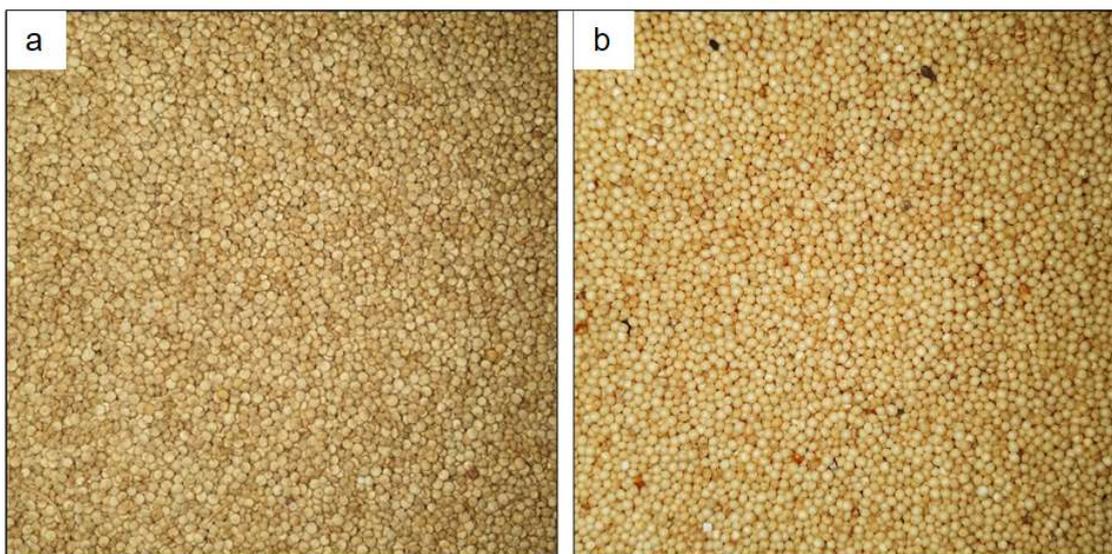


Figura 5. Grãos utilizados nas análises: a) quinoa (*Chenopodium quinoa* var. Salcedo INIA); b) amaranto (*Amaranthus caudatus* var. Oscar Blanco).

3.2. Hidratação e planejamento experimental

Os grãos da quinoa e do amaranto foram pesados em balança semianalítica e separados em amostras de 30 g. Cada amostra foi colocada em sacos de *voil* com dimensão 10 x 10 cm, os quais foram submersos em água num banho termostático Büchi B-480 com capacidade para 5 litros (Figura 6).



Figura 6. Amostras dos grãos submersas em água num banho termostático.

Foram realizados ensaios em quatro temperaturas (25, 50, 75 e 100 °C \pm 1 °C), cada qual com seis repetições. Com a finalidade de facilitar o manuseio do material, foram imersas três amostras por vez. Além do sensor de banho, as temperaturas foram monitoradas por meio de um termômetro digital Incoterm. O ganho de massa por adsorção de água foi monitorado em intervalos de cinco minutos por um período de duas horas. A massa de água presente nas fibras do tecido foi desconsiderada, obtendo-se, previamente, a massa do saco de *voil* molhado. Para desconsiderar a massa de água presente nos espaços entre os grãos, estipulou-se que cada amostra fosse suspensa no ar durante 20 segundos antes da obtenção da massa, permitindo que o excesso de água escorresse.

Após o término de cada ensaio, foram amostrados vinte grãos de cada repetição para a mensuração do diâmetro, com o auxílio de um paquímetro digital Mtx. O diâmetro de grãos secos também foi mensurado, para que o aumento de tamanho (relação diâmetro grão úmido/grão seco) pudesse ser determinado. Os resultados foram expressos pela média e desvio padrão.

3.3. Modelagem

Após a tabulação dos dados obtidos nos ensaios de hidratação dos grãos de quinoa e amaranto, o modelo de Peleg (1988) foi aplicado, de acordo com a Equação 1, onde: t = tempo (minutos); M = umidade (%) (base seca) no tempo t ; M_0 = umidade inicial (%) (base seca); K_1 = constante de Peleg ($\text{min } \%^{-1}$) e K_2 = constante de capacidade de Peleg ($\%^{-1}$). Como os processos envolveram absorção de água, a equação se tratou de uma soma.

$$M = M_0 \pm \frac{t}{K_1 + K_2 t} \quad (\text{Equação 1})$$

A equação do modelo de Peleg foi linearizada, a fim de se determinar os parâmetros K_1 e K_2 por meio dos coeficientes linear e angular da reta, respectivamente (Equação 2). Os dados foram plotados no Microsoft Excel de modo que a relação entre o inverso da razão de umidade em relação ao tempo de hidratação estabelecesse uma regressão linear entre os pontos da curva, gerando a equação da reta.

$$\frac{t}{M - M_0} = K_2 t + K_1 \quad (\text{Equação 2})$$

A constante de Peleg (K_1) está relacionada com a taxa de absorção de água no início do processo (W_0), sendo $t = t_0$ (Equação 3), enquanto a constante de capacidade de Peleg (K_2) está relacionada com a umidade máxima alcançada (M_e), isto é, a partir do momento em que a umidade se encontra em equilíbrio, sendo $t = t_f$, (Equação 4) (TURHAN et al., 2002).

$$W_0 = \pm \frac{1}{K_1} \quad (\text{Equação 3})$$

$$M_e = M_0 \pm \frac{1}{K_2} \quad (\text{Equação 4})$$

Após a obtenção dos parâmetros da Equação de Peleg, aplicou-se o logaritmo neperiano (ln) do inverso da constante K_1 e o inverso da temperatura absoluta de hidratação na Equação de Arrhenius (ARRHENIUS, 1889), onde: E_a = energia de ativação da reação; R = constante universal dos gases ($8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T = temperatura (Kelvin) e A = fator pré-exponencial (Equação 5).

$$\ln(k) = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln A \quad (\text{Equação 5})$$

Desse modo, é possível calcular a energia de ativação da reação (E_a), através da Equação 6, onde: m = coeficiente angular da reta de $\ln K$ versus $1/T$, além da possibilidade de calcular a constante de velocidade para outras temperaturas.

$$E_a = -m \times R \quad (\text{Equação 6})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teor de umidade inicial

O teor de umidade inicial, em base seca, foi de 11,77% ($\pm 0,96\%$) para os grãos de quinoa e de 9,97% ($\pm 0,33\%$) para os grãos de amaranto. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, os teores de umidade encontrados para a quinoa e o amaranto foram 13,3 e 11,3%, respectivamente (TBCA, 2020).

4.2. Cinética de hidratação

O ganho de massa dos grãos hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas foi de 53,8; 87,8; 191,8 e 205,5% para a quinoa (Figura 7) e de 73,4; 112,3; 137,2 e 150,1% para o amaranto (Figura 8), respectivamente.

Observou-se que, tanto para os grãos de quinoa como para os grãos de amaranto, o ganho de massa foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura. Ramos et al. (2016) e Resio et al. (2006) também verificaram que a absorção de água por grãos de quinoa e amaranto, respectivamente, aumentou conforme a elevação da temperatura da água. De acordo com Fonseca et al. (2011), a absorção de água por grãos é acelerada com o aumento da temperatura, principalmente após 70 °C. Com o rompimento da casca, enzimas presentes no endosperma são ativadas, favorecendo a hidrólise do amido e produzindo açúcares redutores, como a glucose, condições favoráveis para a ocorrência de outras reações químicas, como a reação de Maillard (FRANCISQUINI et al., 2017).

A velocidade de ganho de massa foi mais rápida no início do processo, mas foi diminuindo ao longo do tempo, até a estabilização. Esta tendência é típica de produtos de origem vegetal e pode ser atribuída ao fato da água, inicialmente, preencher os espaços vazios da superfície do grão e do interior do pericarpo e do endosperma, além do maior gradiente de umidade entre o grão e o meio no início do processo (KHAZAEI; MOHAMMADI, 2009; RAMOS et al., 2016).

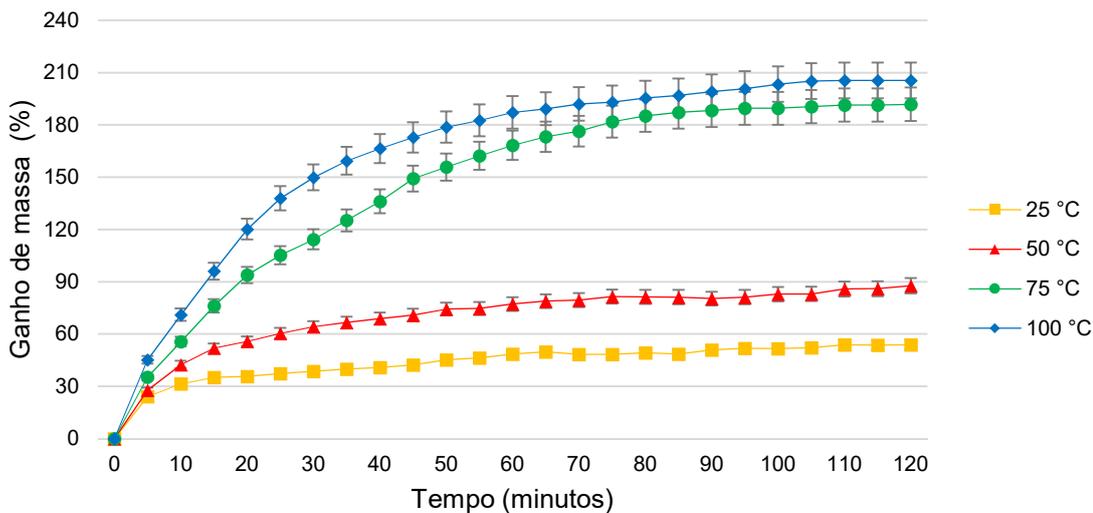


Figura 7. Variação de massa em grãos de quinoa hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.

Dados médios com seis repetições; as linhas verticais representam o desvio padrão das médias.

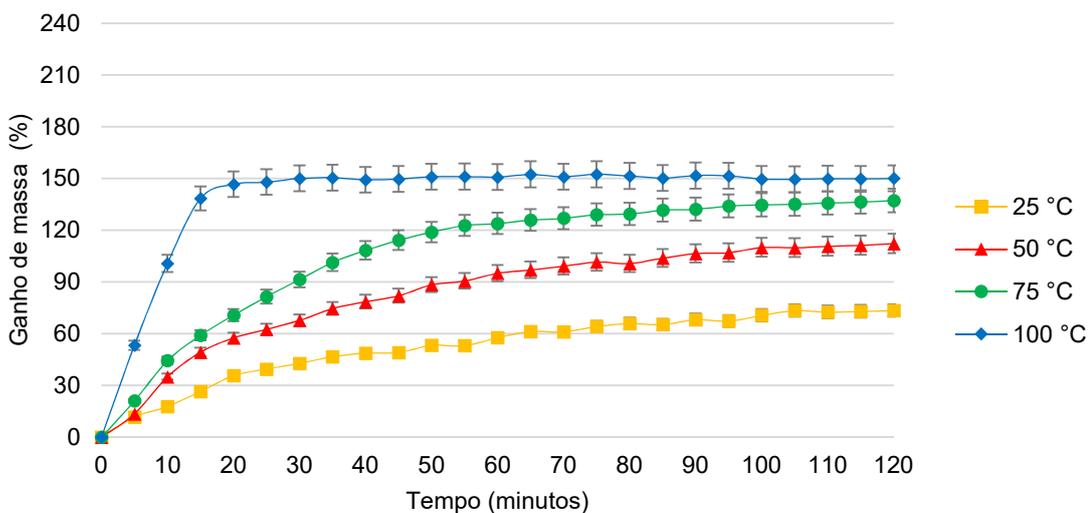


Figura 8. Variação de massa em grãos de amaranto hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.

Dados médios com seis repetições; as linhas verticais representam o desvio padrão das médias.

O ganho de massa dos grãos de quinoa estabilizou mais rápido nas temperaturas de 25 e 50 °C, enquanto o ganho de massa dos grãos de amaranto estabilizou mais rápido na temperatura de 100 °C. Isso pode estar relacionado à

temperatura de gelatinização do amido, que é mais baixa para a quinoa (59,9 a 71,0 °C) e mais alta para o amaranto (66,3 a 86,9 °C) (QIAN; KUHN, 1999).

Os grãos secos da quinoa apresentaram diâmetro médio de 2,00 mm, valor também relatado por Apaza et al. (2013) para esta mesma variedade (*C. quinoa* var. Salcedo INIA). O aumento no tamanho destes grãos foi crescente com a temperatura de hidratação, obtendo-se grãos 30% maiores após a hidratação em água a 100 °C por duas horas (Figura 9).

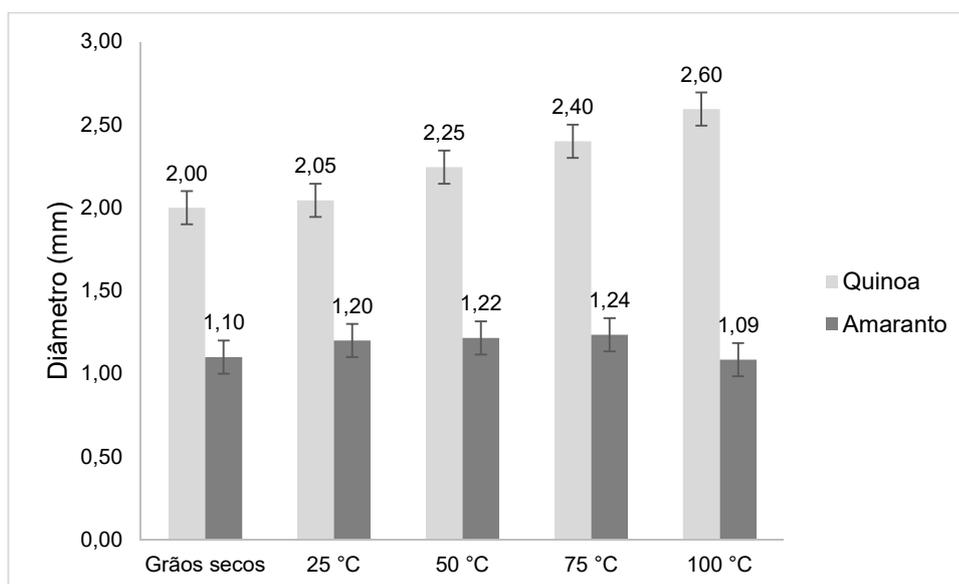


Figura 9. Diâmetro dos grãos de quinoa e amaranto secos e após hidratação em água a 25, 50, 75 e 100 °C por um período de duas horas.

Dados médios com seis repetições; as barras verticais representam as médias e as linhas verticais representam o desvio padrão das médias.

Os grãos secos do amaranto apresentaram diâmetro médio de 1,10 mm e registraram aumento de 12,73% após a hidratação em água a 75 °C por duas horas. De acordo com Pacheco e Morales (2009), o diâmetro de grãos de *A. caudatus* varia de 1,0 a 1,3 mm. A temperatura de 100 °C fez com que muitos dos grãos estourassem, interferindo na redução do diâmetro médio nesta temperatura (Figura 9). Consequentemente, o rompimento no tegumento também fez com que estes grãos perdessem mais massa quando hidratados na temperatura mais elevada, o que pode explicar a menor absorção de água pelos grãos.

Provavelmente, o fenômeno da gelatinização do amido foi o responsável pelo aumento do volume dos grãos, pois, quando os grânulos de amido são aquecidos em água, estes incham de maneira irreversível, uma vez que a estrutura celular se desorganiza (SINGH et al., 2003). O amido representa de 50 a 60% do carboidrato presente nos grãos de quinoa e de amaranto (SAUNDERS; BECKER, 1984; VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

4.3. Modelagem

As curvas de variação de massa em grãos de quinoa e amaranto hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas foram ajustadas ao modelo de Peleg (Figuras 10 e 11).

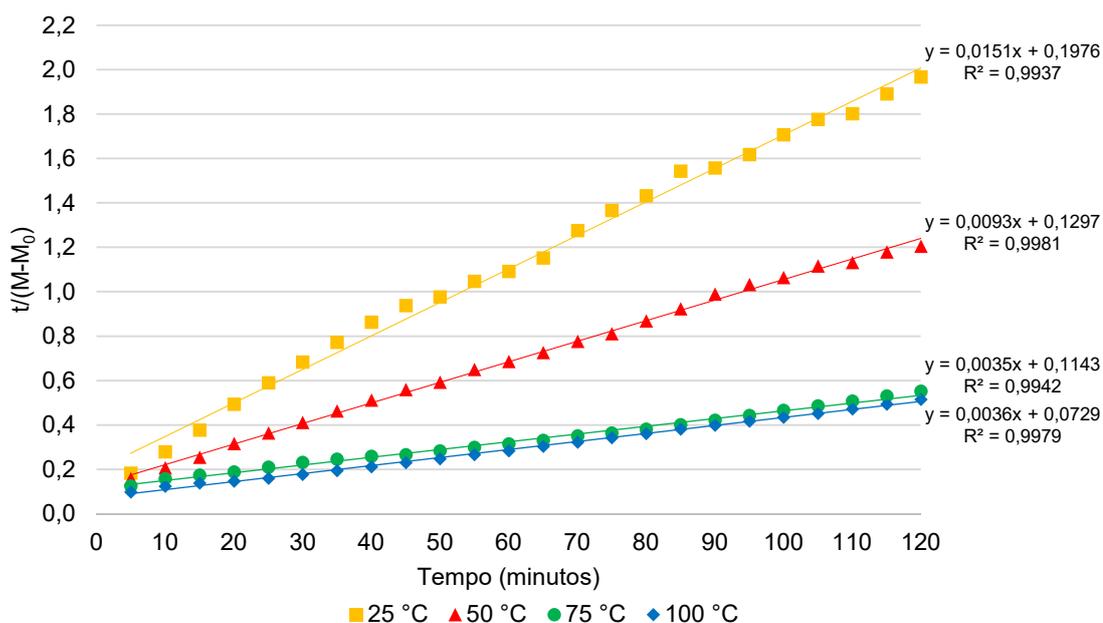


Figura 10. Inverso da razão de umidade em relação ao tempo para grãos de quinoa hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas.

Dados médios com seis repetições.

Quando estas curvas são plotadas desta forma, é possível estabelecer uma regressão linear entre os pontos da curva, o que resulta na equação de uma reta cujos valores indicam a cinética de hidratação. No modelo de Peleg, a constante K_1 se relaciona com a taxa inicial de absorção de água (W_0), apresentando menores valores para as maiores taxas (TURHAN et al., 2002;

MALI et al., 2005). A constante K_2 está relacionada com a capacidade máxima de absorção de água (M_e), portanto, quanto menor for o seu valor, maior será a absorção de água pelo grão (RESENDE; CORRÊA, 2007). A qualidade do fenômeno de hidratação representada pelo modelo é indicada pelo coeficiente de correlação (R^2) (FRACASSO, 2011).

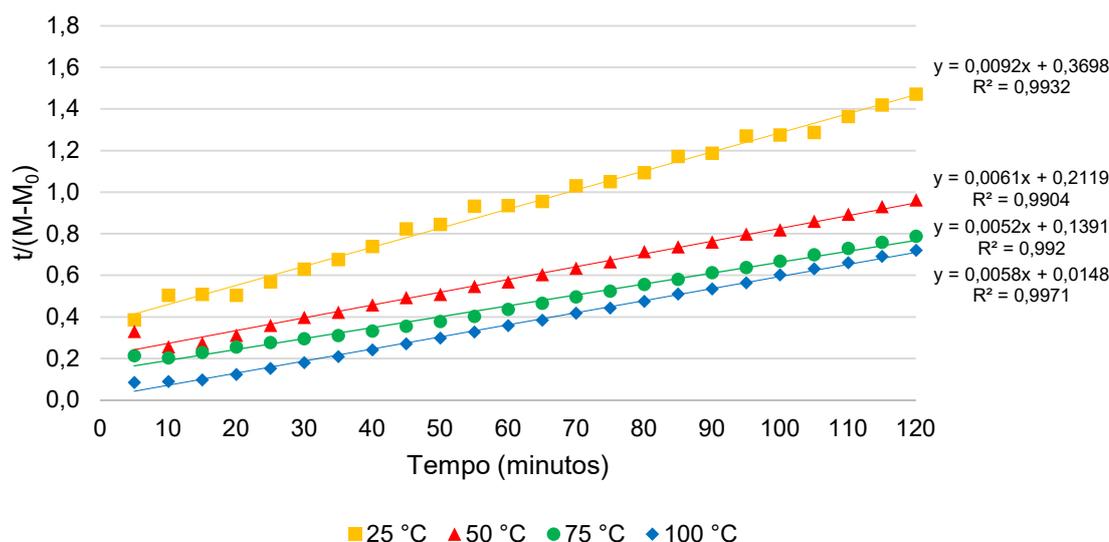


Figura 11. Inverso da razão de umidade em relação ao tempo para grãos de amaranto hidratados em água a 25, 50, 75 e 100 °C por duas horas. Dados médios com seis repetições.

Os valores determinados para os parâmetros K_1 e K_2 , através dos coeficientes linear e angular da reta, respectivamente, foram tabelados para as duas espécies e para as quatro temperaturas (Tabela 15). Os coeficientes de correlação (R^2) obtidos mantiveram-se entre 0,994 e 0,998 para a quinoa e entre 0,990 e 0,997 para o amaranto.

Os valores das constantes de Peleg (K_1) para ambos os pseudocereais foram mais altos na temperatura de 25 °C e mais baixos na temperatura de 100 °C, indicando que a taxa inicial de absorção de água (W_0) foi maior na temperatura mais elevada, sendo 13,72% min^{-1} para a quinoa e 67,57% min^{-1} para o amaranto. As constantes de capacidade de Peleg (K_2) foram mais baixas na temperatura de 75 °C, tanto para a quinoa quanto para o amaranto, indicando que a absorção máxima de água (M_e) pelo grão foi maior nesta temperatura.

Tabela 15. Valores das constantes de Peleg (K_1), constantes de capacidade de Peleg (K_2), coeficientes de correlação (R^2), taxas iniciais de absorção (W_0) e umidade máxima alcançada (M_e) para os grãos de quinoa e de amaranto.

	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> var. Salcedo INIA)				
K_1 (min % ⁻¹)	0,1976	0,1297	0,1143	0,0729
K_2 (% ⁻¹)	0,0151	0,0093	0,0035	0,0036
R^2	0,994	0,998	0,994	0,998
W_0 (% min ⁻¹)	5,06	7,71	8,75	13,72
M_e (% base seca)	66,36	107,66	285,85	277,91
Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> var. Oscar Blanco)				
K_1 (min % ⁻¹)	0,3698	0,2119	0,1391	0,0148
K_2 (% ⁻¹)	0,0092	0,0061	0,0052	0,0058
R^2	0,993	0,990	0,992	0,997
W_0 (% min ⁻¹)	2,70	4,72	7,19	67,57
M_e (% base seca)	108,81	164,05	192,42	172,52

O valor de M_e também pode estar relacionado com a gelatinização do amido desses grãos, uma vez que o ensaio realizado à 75 °C se encontrava mais próximo da temperatura de gelatinização do amido para ambas as espécies (QIAN; KUHN, 1999). Outra razão para a absorção máxima de água ser maior no ensaio realizado a 75 °C é o rompimento da casca dos grãos, que permite a entrada de água no endosperma com mais facilidade neste momento (FONSECA et al., 2011). Neste estudo, esse rompimento foi observado nas duas temperaturas mais altas, portanto, a temperatura de 100 °C tende a proporcionar maior estabilidade aos tecidos dos grãos, uma vez que já se encontram saturados.

Ramos et al. (2016), ao avaliarem grãos de quatro variedades de quinoa hidratados em água a 30; 40 e 50 °C, e Resio et al. (2006), ao avaliarem grãos de *Amaranthus cruentus* hidratados em água a 30; 40; 50 e 60 °C, verificaram que as constantes K_1 e K_2 apresentaram os menores valores nas temperaturas mais elevadas de cada estudo. Para Resio et al. (2006), a taxa inicial de absorção de água (W_0) para os grãos de *A. cruentus* aumentou gradualmente com a temperatura, assim como neste estudo.

A influência da temperatura sobre os parâmetros do modelo de Peleg pode ser verificada através da Equação de Arrhenius. Ao aplicar o logaritmo neperiano do inverso da constante de Peleg (K_1) e o inverso da temperatura absoluta de hidratação, obtêm-se as taxas iniciais de absorção de água (W_0) para todas as temperaturas ao longo da curva de hidratação (Figura 12). Para a quinoa, obteve-se uma reta com coeficiente de correlação (R^2) de 0,956 e, para o amaranto, o coeficiente de correlação da reta foi de 0,999 abaixo de 75 °C.

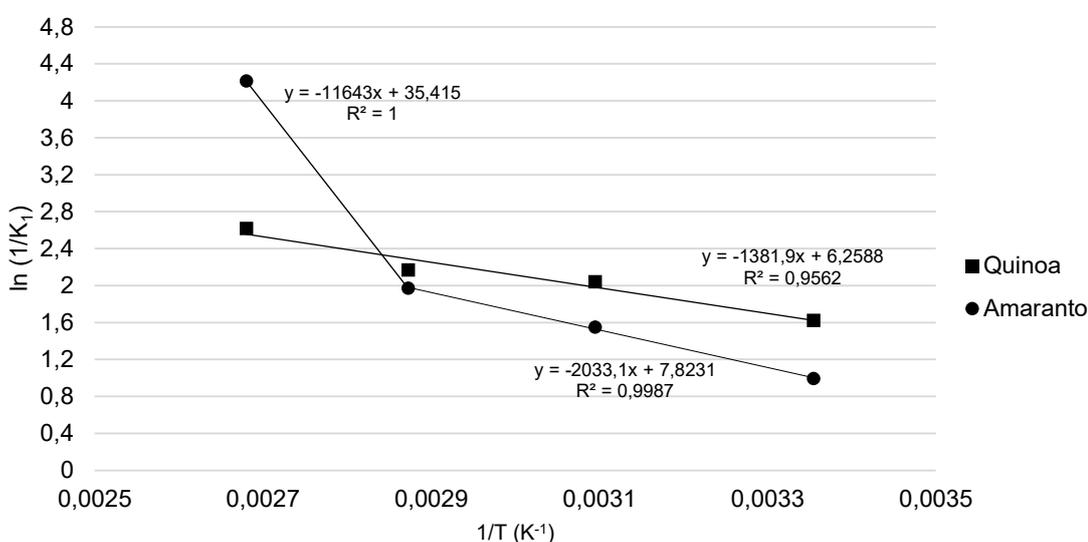


Figura 12. Modelo de Arrhenius a partir dos valores da constante de Peleg (K_1) para grãos de quinoa e amaranto.

Dados médios com seis repetições.

No caso do amaranto, observou-se uma descontinuidade na curva, por volta dos 75 °C, que pode ser explicada pela temperatura de gelatinização do amido. A partir dos 66,3 °C, os grânulos de amido do amaranto iniciam o processo de gelatinização, fazendo com que haja alteração na velocidade de absorção de água, fenômeno que pode ocasionar uma quebra na curva de Arrhenius (QIAN; KUHN, 1999; SINGH et al., 2003).

Outra hipótese levantada para justificar essa descontinuidade na curva dos grãos de amaranto é o fato dos mesmos se romperem, mesmo que parcialmente, ao fim do processo de hidratação, principalmente a 100 °C, descaracterizando o perfil de hidratação de um grão, propriamente dito.

Entretanto, como retas formadas por um ajuste de dois pontos ($R^2 = 1$) não são confiáveis, optou-se por desconsiderar dos cálculos a reta correspondente a hidratação do amaranto em temperaturas acima de 75 °C.

Descontinuidades na curva de Arrhenius também foram observadas por outros autores, ao estudarem a cinética de hidratação em grãos-de-bico (*Cicer arietinum* L.) (TURHAN et al., 2002) e ervilhas (*Pisum sativum* L.) (FERRAZ, 2005). Estes autores também relacionaram a quebra na curva com a temperatura de gelatinização do amido para cada um dos grãos estudados, já que a intersecção das duas retas ocorreu nessa faixa de temperatura. Por outro lado, Gowen et al. (2007) e Fracasso (2011), ao estudarem a cinética de hidratação em soja, não observaram descontinuidades na curva de Arrhenius, provavelmente porque este grão não possui amido (DOTTO et al., 2015), mas sim outros carboidratos, como sacarose, rafinose e estaquiose, além de um teor considerável de fibras (CHOCT et al., 2010).

Para que os reagentes colidam e ocasionem uma reação química, é necessário que haja uma energia mínima, chamada de energia de ativação (E_a) (ORIQUI et al., 2013). Desse modo, para que a hidratação da quinoa se inicie, o valor de energia de ativação encontrado foi de 11,489 kJ mol⁻¹. Já para a hidratação do amaranto, obteve-se um valor de E_a de 16,903 kJ mol⁻¹ abaixo de 75 °C.

5. CONCLUSÃO

O modelo de Peleg adequou-se ao processo de hidratação de grãos de quinoa e de amaranto, sendo possível estabelecer as curvas de cinética de hidratação para estas espécies em diferentes temperaturas. O perfil de hidratação observado para os dois grãos foi semelhante, com ganho de massa proporcional ao aumento da temperatura e velocidade de ganho de massa mais rápida no início do processo. O aumento no tamanho dos grãos foi crescente com a temperatura de hidratação, sendo que os grãos de quinoa apresentaram diâmetro máximo 30% maiores após a hidratação a 100 °C e os grãos de amaranto registraram aumento máximo de 12,73% após a hidratação a 75 °C. Para ambos os pseudocereais, é provável que a temperatura de gelatinização do amido influenciou muitos parâmetros durante o processo de hidratação, como o aumento do volume dos grãos, o tempo para a estabilização do ganho de massa, a absorção máxima de água e a velocidade de absorção. A taxa inicial de absorção de água foi maior na temperatura mais elevada, sendo 13,72% min⁻¹ para a quinoa e 67,57% min⁻¹ para o amaranto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amarantho (*Amaranthus* spp.) e quinoa (*Chenopodium quinoa*): alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaio e Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amarantho (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-56, 2005.

APAZA, V.; CÁCERES, G.; ESTRADA, R.; PINEDO, R. **Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú**. Lima: FAO, 2013. 82 p

ARRHENIUS, S. Über die reaktionsgeschwindigkeit bei der inversion von rohrzucker durch säuren. **Zeitschrift für Physikalische Chemie**, Berlin, v. 4, n. 1, p. 226-248, 1889. <https://doi.org/10.1515/zpch-1889-0416>.

BERGANZA, B. E.; MORAN, A. W.; RODRIGUES, M. G.; COTO, N. M.; SANTAMARIA, M.; BRESSANI, R. Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of amaranth. **Plant Foods Human Nutrition**, Berlin, v. 58, n. 3, p. 1-6, 2003.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa. **Revista Temas Agrários**, Córdoba, v. 15, n. 1, p. 9-23, 2010. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.815>.

BRITO, V. S. Quinoa da gênese ao século XXI: 500 anos de dormência para uma nova perspectiva na alimentação. **Contextos da Alimentação**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 81-98, 2016.

CHOCT, M.; DERSJANT-LI, Y.; MCLEISH, M.; PEISKER, M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 23, n. 10, p. 1386-1398, 2010. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90222>.

COSTA, D. M. A.; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amarantho (*Amaranthus hypochondriacus*). **Holos**, Natal, ano 21, v. 1, p. 97-111, 2005.

COUTINHO, M. R.; CONCEIÇÃO, W. A. S.; OMOTO, E. S.; ANDRADE, C. M. G.; JORGE, L. M. M. New model of lumped parameters applied to grain hydration. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 451-455, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300005>.

COUTINHO, M. R.; OMOTO, E. S.; ANDRADE, C. M. G.; JORGE, L. M. M. Modeling and validation of soya bean hydration. **Food Science and**

Technology, Campinas, v. 25, n. 3, p. 603-610, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300034>.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 2, p. 101-114, 2003.

DOTTO, D. M. R.; COLPO, R. R.; IOP, S. C. F.; CIROLINI, A. Perception of consumers for soybeans and its derivatives in Júlio de Castilhos, Brazil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 8, n. 3, p. 585-600, 2015. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n3p585-600>.

FERRAZ, M. B. M. **Determinação de cinética de hidratação de ervilhas *Pisum sativum* desidratadas**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FERREIRA, T. A. P. C.; MATIAS, A. C. G.; ARÊAS, J. A. G. Características nutricionais e funcionais do amaranto (*Amaranthus* spp.). **Nutrire**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 91-116, 2007.

FONSECA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; GARCIA, D. M.; BASSINELLO, P. Z.; EIFERT, E. C. Effect of temperature and time immersion of stage soaking on color grains of upland rice parboiled cultivars. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 221-264, 2011.

FRACASSO, A. F. **Cinética de hidratação de soja: estudo comparativo entre soja transgênica e convencional**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

FRANCISQUINI, J. A.; MARTINS, E.; SILVA, P. H. F.; SCHUCK, P.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Reação de Maillard: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 1, p. 48-57, 2017. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v72i1.541>.

GOWEN, A.; ABU-GHANNAM, N.; FRIAS, J.; OLIVEIRA, J. Influence of pre-balancing on the water absorption kinetics of soybeans. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, n. 4, p. 965-971, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.009>.

ISHIMOTO, E. Y.; MONTEIRO, M. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as functional food. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 8, n. 24, p. 62-67, 2010.

KHAZAEI, J.; MOHAMMADI, N. Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). **Journal of Food Engineering**, London, v. 91, n. 4, p. 542-552, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.010>.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 60, n. 3, p. 283-289, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.01.003>.

MARCONE, M. F. KAKUDA, Y.; YADA, R. Y. Amaranth as a rich dietary source of Beta-sitosterol and other phytosterols. **Plant Foods for Human Nutrition**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 207-211, 2003. <https://doi.org/10.1023/b:qual.0000040334.99070.3e>.

MOURA, B. A.; MIRANDA, L. B.; MORAIS, R. A.; SILVA, W. G.; MARTINS, G. A. S. Mathematical modeling and analysis of hydration of beans and lentil grains under different temperatures. **Revista Desafios**, Palmas, v. 6, n. 5, p. 36-41, 2019. <http://dx.doi.org/10.20873/ufp.2359365220196Especialp36>.

OMOTO, E. S.; ANDRADE, C. M. G.; JORGE, R. M. M.; COUTINHO, M. R.; PARAÍSO, P. R.; JORGE, L. M. M. Modelagem matemática e análise da hidratação de grãos de ervilha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 12-18, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100003>.

ORIQUI, L. R.; MORI, M.; WONGTSCHOWSKI, P. Guide for determining the stability of chemical products. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 340-347, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000200023>.

PACHECO, Y. C.; MORALES, I. R. **Manual del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)**. Huancavelica: Cáritas Diocesana de Huancavelica, 2009. 27 p.

PAN, Z.; TANGRATANAVALEE, W. Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. **LWT – Food Science and Technology**, Guelph, v. 36, n. 1, p. 143-151, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(02\)00202-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00202-5).

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, v. 4, p. 1216-1217, 1988. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb13565.x>.

PILOSOF, A. M. R.; BOQUET, R.; BARTHOLOMAI, G. B. Kinetics of water uptake by food powders. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, v. 1, p. 278-282, 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13334.x>.

PLANINIĆ, M.; VELIĆ, D.; TOMAS, S.; BILIĆ, M.; BUCIĆ, A. Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg's model. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, n. 3-4, p. 446-451, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-1200-x>.

QIAN, J.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch**, Weinheim, v. 51, n. 4, p. 116-120, 1999.

- RAMOS, A. P.; GUERRERO, K. M. L.; ROMERO, J. T.; LOPES FILHO, J. F. Hydration kinetics of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties. **Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales**, Guadalajara de Buga, v. 3, n. 1, p. 23-33, 2016. <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.348>.
- REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, Abingdon, v. 19, n. 1-2, p. 179-189, 2003. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i3.387>.
- RESIO, A. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Hydration kinetics of amaranth grain. **Journal of Food Engineering**, London, v. 72, n. 3, p. 247-253, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.003>.
- SAUNDERS, R. M.; BECKER, R. *Amaranthus*: a potential food and feed resource. **Advances in Cereal Science Technology**, Saint Paul, v. 6, p. 357-396, 1984.
- SINGH, B. P. N.; KULSHRESTHA, S. P. Kinetics of water sorption by soybean and pigeonpea grains. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1538-1541, 1987. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb05874.x>.
- SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal, and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, Brussels, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(02\)00416-8](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(02)00416-8).
- SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.
- TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 7.1. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP) – Food Research Center (FoRC), 2020. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2003.
- TURHAN, M.; SAYAR, S.; GUNASEKARAN, S. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. **Journal of Food Engineering**, London, v. 53, n. 2, p. 153-159, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00152-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00152-2).

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. Quinoa. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. M. **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**, Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 4895-4902.