

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE
QUINOA E AMARANTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA**

NATASHA OHANNY DA COSTA MONTEIRO

**BRASÍLIA
2017**

NATASHA OHANNY DA COSTA MONTEIRO

DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE
QUINOA E AMARANTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

Monografia apresentada à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade de Brasília, como parte das
exigências do curso de Graduação em
Agronomia, para a obtenção do título de
Engenheira Agrônoma

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a **FABIANA CARMANINI
RIBEIRO**

**BRASÍLIA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

Monteiro, Natasha Ohanny da Costa.

Determinação de algumas propriedades físicas de grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água/ Natasha Ohanny da Costa Monteiro. Orientação: Fabiana Carmanini Ribeiro, Brasília, 2017

Monografia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

46 p.: il.

1. Quinoa. 2. Amaranto. 3. Teor de água. 4. Propriedades físicas. I. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária / Universidade de Brasília. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MONTEIRO, N.O.C. **Determinação de algumas propriedades físicas de grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água.** 2017. 46 p. Monografia (Curso de Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: NATASHA OHANNY DA COSTA MONTEIRO

DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE QUINOA E AMARANTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

GRAU: 3°

ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Natasha Ohanny da Costa Monteiro

CPF:042.684.341-00

Endereço: QNA 27 Apto 111 Ed. Paris – Taguatinga Norte

CEP:72110- 270 Brasília, DF. Brasil

Telefone: +55 (61) 99555-2949

/ email:Natasha.ohanny@gmail.com

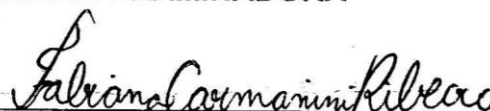
NATASHA OHANNY DA COSTA MONTEIRO

**Determinação de algumas propriedades físicas de grãos de quinoa e
amaranto em função do teor de água**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em 30 de junho de 2017

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Fabiana Carmanini Ribeiro
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Orientadora



Prof Dr. João Batista Soares
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador interno



Msc. Éder Stolben Moscon
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador externo

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha família e a todos que buscam crescer através da
pesquisa.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por não me deixar desistir, por iluminar meus caminhos e me dar a oportunidade de escolhê-los.

À Nossa Senhora, por estar presente em todos os momentos.

Aos meus pais, Joélio e Arlete, por me darem todo amor, carinho, valores éticos e morais e suporte durante minha vida e caminhada acadêmica.

Aos meus irmãos, Gabriela, Gabriel e João Vitor, que mesmo com nossas brigas, demonstram amizade, preocupação, carinho e muito amor.

Ao meu companheiro, Gustavo, pelos anos juntos, pela paciência, pela ajuda nos momentos mais difíceis, pelo amor, compreensão, aprendizado e aventuras. Agradeço também à sua família, pelo apoio e carinho.

À professora Fabiana, por me orientar, pela confiança, pelo apoio e contribuições para realização deste trabalho.

Aos meus animais, Koka, Salem, Tesla e Gauss, pelos momentos de felicidade que me proporcionam e me ajudam a enfrentar a vida com mais paciência e sorrisos.

Ao professor Gervásio pela ajuda com a análise estatística e a matéria de experimentação agrícola.

A todos os professores que passaram em minha vida e que transmitiram seus conhecimentos, contribuindo para a minha formação.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília pela oportunidade concedida para realização do Curso de Agronomia.

Ao programa Ciência sem Fronteiras, que me proporcionou uma nova perspectiva de enxergar a vida, me presenteou com desafios e quebra de barreiras, contribuindo para o meu amadurecimento profissional e emocional.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

EPÍGRAFE

A terra é a origem de tudo, ela inicia,

ela dá significado, ela finaliza

Da terra brota vida e esperança, ela

cria, dá, mas tira

Tudo que nela nasce, um dia

para ela volta

Do barro que somos feitos, muitos

outros se farão

Do trigo que ela dá,

muitos outros se fartarão

O cuidado dado a ela, é o cuidado

nos dado de volta

Mas essa mesma terra tem mais fome

que todos nós

O alimento por ela nos dado, nos farão

o banquete dela de amanhã

Banquete esse, que dá continuidade ao

ciclo da vida

Na terra se nasce, se cria e

se finaliza.

Natasha Ohanny (26.09.2015)

RESUMO

Determinação de algumas propriedades físicas de grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar algumas propriedades físicas de grãos de quinoa e amaranto. Nele investigou-se o efeito do teor de água na massa específica aparente e real, ângulo de repouso, massa de 1000 grãos e porosidade nas cultivares BRS Syetetuba (*Chenopodium quinoa*) e BRS Alegria (*Amaranthus* spp.). Os grãos colhidos na Fazenda Água Limpa pertencente a Universidade de Brasília, foram submetidos a um processo de reumidificação; trabalhou-se com três diferentes teores de água ($T_0 = 10 \pm 0,5\%$, $T_1 = 16 \pm 0,5\%$ e $T_2 = 20 \pm 0,5\%$). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que para os grãos de amaranto o aumento no teor de água diminuiu a massa específica real e aparente e a porosidade, e aumentou o ângulo de repouso e a massa de 1000 grãos. Quanto aos grãos de quinoa, com o aumento do teor de água, ocorre inicialmente uma diminuição nas massas específicas reais e aparentes, posteriormente um aumento nesses valores. Houve também um aumento significativo no ângulo de repouso e na massa de 1000 grãos. No que se diz respeito ao teor de água, provou-se que existe interferência direta do mesmo nas propriedades físicas dos grãos.

Palavras-chave: Quinoa; amaranto; teor de água; propriedades físicas

ABSTRACT

Determination of some physical properties of quinoa and amaranth as a function of water content

This work was developed with the objective of obtaining values and evaluating some physical properties of quinoa and amaranth, which are necessary for the sizing of storage silos, dryers, transport systems and adaptation of existing technologies. The effect of the water content on the values of apparent and real specific mass, resting angle, mass of 1000 grains and porosity in the cultivars BRS Syetetuba (*Chenopodium quinoa*) and BRS Alegria (*Amaranthus* spp.) was investigated. The grains harvested at the Água Limpa Farm belonging to the University of Brasília, underwent a process of moisturizing. We worked with three different water contents ($T_0 = 10 \pm 0,5\%$, $T_1 = 16 \pm 0,5\%$ e $T_2 = 20 \pm 0,5\%$). Based on the results obtained, it was concluded that for amaranth grains the increase in water content decreased the real and apparent specific mass and the porosity and increased the resting angle and the mass of 1000 grains. About the quinoa grains, with the increase of the water content, initially a decrease occurs in the real and apparent specific masses and later an increase. There is also a significant increase in the resting angle and in the mass of 1000 grains. Regarding the water content it has been proved that exist a direct interference in the physical properties of the grains.

Keywords: quinoa; amaranth; physical properties; water content

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. (a) Recipiente plástico, borrifador e sacos plásticos, usados para o umedecimento dos grãos de quinoa e amaranto. (b) Balança eletrônica para pesagem das amostras. (c) Estufa. (d) Dessecador.27
- Figura 2. Balança analítica, proveta graduada de 50ml e funil, usados para determinar a massa específica aparente.....28
- Figura 3. Bureta graduada, óleo de soja e balão volumétrico, usados para encontrar a massa específica real dos grãos de quinoa e amaranto.30
- Figura 4. Equipamento utilizado para encontrar o ângulo de repouso.31
- Figura 5. Esquematização do funcionamento do equipamento para obtenção do ângulo de repouso.....32
- Figura 6. Cartolina preta e pinça longa, usadas para a contagem dos grãos de quinoa e amaranto.33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de massa específica real dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.35

Tabela 2 – Valores médios de massa específica aparente dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.37

Tabela 5 – Valores médios da porosidade dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.38

Tabela 3 – Valores médios para o ângulo de repouso dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.39

Tabela 4 – Valores médios da massa de 1000 grãos dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.41

LISTA DE SÍMBOLOS

°C - graus celsius

ml - mililitros

g - gramas

m - massa

v - volume

ρ_{ap} massa específica aparente

ρ_{μ} massa específica real

\mathcal{E} - porosidade

d - densidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivo Específico	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Cultura da Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	18
3.2 Cultura do Amarantho (<i>Amaranthus</i> spp.)	19
3.3 Propriedades Físicas dos Grãos.....	20
3.3.1 Ângulo de repouso.....	21
3.3.2 Massa Específica Real e Aparente e Porosidade	22
3.3.3 Massa de mil grãos.....	23
3.4 Influência do teor de água nos grãos.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Local de condução do experimento	25
4.2 Matéria-prima.....	25
4.3 Reumidificação dos grãos.....	25
4.4 Teor de água	26
4.5 Massa Específica Aparente	27
4.6 Massa Específica Real	29
4.7 Porosidade.....	30
4.8 Ângulo de Repouso ou Talude	31
4.9 Massa de mil grãos.....	33
4.10 Análise estatística	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Massa Específica Real ($\rho\mu$).....	35

5.2 Massa Específica Aparente (ρ_{ap}).....	37
5.3 Porosidade (ϵ)	38
5.4 Ângulo de Repouso ($^\circ$)	39
5.5 Massa de mil grãos (g)	40
6. CONCLUSÃO.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população, cresce também a demanda por alimentos e a exigência do consumidor com relação a qualidade do que se consome. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de produtos agrícolas, porém, mesmo com toda tecnologia disponível neste meio, ainda nos dias de hoje existe um elevado número de perdas pós-colheita. De acordo com Villa e Roa (1979), apud Alencar et al. (2009), o teor de água, a temperatura, os grãos quebrados, o tempo de armazenamento, são uns dos principais fatores que podem interferir de maneira a acelerar ou retardar a deterioração dos produtos armazenados.

Para manter uma elevada qualidade dos produtos armazenados, garantir e agregar valor final ou mesmo viabilizar o armazenamento do produto por mais tempo, é necessário conhecer as características desse produto, conhecer suas propriedades físicas.

O conhecimento das propriedades físicas dos grãos é de grande importância no processo de beneficiamento, armazenamento, na construção e operação de sistemas de transporte, no dimensionamento de silos e secadores ou mesmo adaptação de equipamentos que já são utilizados para outros fins. São parâmetros relevantes na otimização dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita (CORRÊA et al., 2006).

Conhecer essas propriedades físicas se torna fundamental quando se trata de uma correta conservação dos grãos, visto que essas mesmas propriedades podem interferir nos fenômenos de transferência de calor em uma massa de grãos armazenados com teor de água inapropriado.

A importância em se determinar as propriedades físicas dos grãos pode ser evidenciada em diversos trabalhos encontrados na literatura com diferentes tipos de produtos agrícolas, como com a cultura do trigo e milho (NELSON, 1980), café (COUTO et al., 1999), a soja (RIBEIRO et al., 2005), o trigo (CORRÊA et al., 2006), o

feijão-fradinho (BAJAY et al., 2011), quinoa e o amaranto (MOSCON, 2015) e muitos outros.

A quinoa e o amaranto são pseudocereais ricos em proteínas, vitaminas e minerais, são livres de glúten, trazendo muitos benefícios a saúde, além de serem uma boa alternativa para diversificação de cultivos no Brasil. Por mais antigo que seja o cultivo da quinoa e do amaranto, estudos relacionados as propriedades físicas desses grãos são limitados na literatura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar e avaliar as propriedades físicas de grãos de quinoa e de amaranto com diferentes teores de água.

2.2 Objetivo Específico

Determinar as propriedades físicas (massa específica aparente e real, peso de 1000 grãos, porosidade, ângulo de repouso e teor de água) nos grãos de quinoa e amaranto.

Avaliar se o teor de água causa interferência nas propriedades físicas dos grãos de quinoa e amaranto.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura da Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

A quinoa que é um pseudocereal, é uma importante fonte de alimento e nutrientes, de origem andina, foi domesticada há milhares de anos atrás. Era considerada uma cultura de subsistência até meados do último século. Nos últimos 20 anos tem sido bastante pesquisada, por ser rica em proteína, ter maior equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais, quando comparado aos cereais e ainda se assemelha à caseína que é uma fração proteica do leite (SPEHAR; SOUZA, 1993; ASCHERI et al., 2002) apud Spehar et al. (2007). Ela pode ser usada tanto para alimentação animal quanto humana, suas folhas também são ricas em fibras, proteínas, minerais e vitaminas. A planta como um todo apresenta consideráveis níveis de proteína e fontes de energia (SPEHAR et al., 2007). A quinoa cultivada sob temperaturas mais elevadas, como no Cerrado, apresenta maiores quantidades de gorduras e proteínas no grão do que a cultivada no Altiplano Andino (GOMES, 1999) apud Spehar (2006). É uma importante fonte de ferro, tendo o dobro do que possuem a cevada e o trigo e o triplo do que é encontrado no arroz. Por essa característica, a quinoa seria um alimento complementar ou nutracêutico (SPEHAR, 2006).

Pertencente à família das amarantáceas, a quinoa foi introduzida no Brasil nos anos 90 com intuito de diversificar o sistema de produção no cerrado brasileiro (SPEHAR et al., 2007).

De acordo com Spehar et al. (2007) os grãos de quinoa perdem e ganham água com facilidade e sua colheita é feita quando a porcentagem de umidade estiver 20% ou menos. Diz ainda, que a secagem é feita sempre que o grão colhido estiver com teores de água acima de 20% reduzindo para aproximadamente 12% ou 13%, pois com esse teor a maioria dos grãos podem ficar armazenados por períodos maiores.

Com um teor de água entre 12 e 13% pode-se armazenar os grãos por longo prazo, mesmo sob as condições ambientes do Cerrado. Porém, o uso de embalagens herméticas possibilita a manutenção da germinação por longos períodos, além de prevenir pragas de grãos armazenados (SPEHAR, 2006). Armazenar grãos com teor

de água alto pode causar perda de germinação, perda de vigor e acelerar sua deterioração.

A cultivar utilizada neste trabalho (BRS Syetetuba) foi lançada a pouco tempo e apresentou, em experimentos, rendimentos de 2,3 t/ha de grãos e 7,5 t/ha de biomassa total, em um total de 120 dias. Os resultados superaram aqueles alcançados pelas cultivares consideradas padrões BRS Piabiru e Kancolla. Os grãos dessa cultivar são livres de saponina (detergente natural), o que é uma ótima característica, visto que é um fator indesejável. Os resultados dos experimentos mostram que a BRS Syetetuba reúne muitas características favoráveis para alavancar a produção comercial de quinoa no Brasil (SPEHAR et al., 2011). Em sua adaptação ao cultivo no Brasil, procura-se maior tolerância ao estresse (seca, acidez do solo, baixas temperaturas), elevados rendimentos de grãos e de biomassa, além de outras características agronômicas (SPEHAR, 2006).

Atualmente a Bolívia é o maior produtor mundial de quinoa, sendo responsável por cerca de 70% da produção. No Brasil ainda se produz uma quantidade muito pequena, mesmo com grande potencial, é necessário um investimento maior em pesquisas para adaptação da cultura às condições do nosso país.

3.2 Cultura do Amaranto (*Amaranthus* spp.)

O amaranto pertence à família Amaranthaceae, também de origem andina foi domesticado há mais de 6.000 anos na América (SAUER, 1993) apud Spehar et al. (2007). No Brasil tem sido consumido desde o período colonial (COONS, 1981), apud Spehar et al. (2007).

Rico em nutrientes, o amaranto que também é um pseudocereal, tem chamado atenção para aqueles que procuram uma alimentação mais saudável. Por ser uma excelente fonte de proteínas, fibras, minerais e vitaminas A, B, C e E, apresenta, assim, vantagens quando comparado com a maioria dos cereais.

Para um bom armazenamento deste tipo de grão é necessário que o teor de água esteja entre 12 e 13%, assim como para a maioria dos grãos. De acordo com Pria, Pimentel e Prudencio (2014), o armazenamento de grãos de amaranto em condições ambientais, sem o controle da umidade relativa e temperatura, pode apresentar prejuízo à qualidade para consumo direto (cru, cozido ou expandido), para

o processamento e para sua comercialização, pois ocorrem alterações na maioria das propriedades físico-químicas dos grãos e funcionais dos seus concentrados.

De acordo com Spehar et al. (2003), o amaranto é uma boa opção para cultivo no cerrado, visto que se adapta bem a ambientes com alta luminosidade e temperatura e restrição hídrica, podendo crescer, desenvolver e frutificar rapidamente. Com isso, se torna uma boa opção para produtores locais, haja a vista as amplas possibilidades de utilização desse grão, desde a alimentação humana a animal.

A cultivar utilizada neste trabalho (BRS Alegria - *Amarantus cruentus*) teve sua origem da linhagem de A. cruentus AM 5189, procedente dos Estados Unidos. Após realização ensaios, realizou-se seleção massal em AM 5189 e uniformizou-se em relação as características agronômicas desejadas (SPEHAR et al., 2003).

China e Estados Unidos lideram como os maiores produtores mundiais de amaranto, na China é usado principalmente na alimentação de gado e suínos. Também é muito usado para alimentar a população mais necessitada na Índia (MYERS, 1996; AMAYA-FARFAN; MARCÍLIO; SPEHAR, 2005; COSTA; BORGES, 2005) apud Brambilla, Constantino e D'Oliveira (2008).

3.3 Propriedades Físicas dos Grãos

Determinar e conhecer as propriedades físicas dos grãos é de extrema importância para a correta conservação dos mesmos, para todo o processo de beneficiamento, armazenamento, na construção e operação de sistemas de transporte, no dimensionamento de silos e secadores ou mesmo adaptação de equipamentos que já são utilizados para outros fins. São parâmetros relevantes na otimização dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita (CORRÊA et al., 2006). São ferramentas fundamentais para elaboração de projetos mais eficientes e econômicos. Além da questão de dimensionamento, de acordo com Mohsenin (1986) ter conhecimento das propriedades físicas também é importante para os estudos envolvendo movimentação de ar em massas granulares e transferência de calor e água.

De acordo com Ribeiro et al. (2002), o conhecimento das propriedades físicas dos grãos é essencial no que se refere às pesquisas com produtos agrícolas, pois

contribui para estimativa da velocidade de secagem para diferentes produtos das mais variadas composições e formas geométricas, quando submetidos a diferentes condições de secagem, aquecimento e resfriamento.

Dentre as propriedades físicas dos grãos que são usualmente estudadas, podemos citar o ângulo de repouso, a massa específica real e aparente, a porosidade, o teor de água, o massa de 1000 grãos, o tamanho e a forma, a sua condutividade térmica, entre outras propriedades.

3.3.1 Ângulo de repouso

O ângulo de repouso é a relação entre o ângulo formado na base e a inclinação que se forma quando os grãos são despejados em um ambiente de armazenamento fechado. Pode ser definido também como o ângulo máximo de repouso formado pelos grãos em relação a horizontal do ambiente de armazenamento, seu valor é altamente influenciado pelo teor de água do grão. A importância de se conhecer o valor do ângulo de repouso de um grão está em poder determinar a capacidade estática dos silos, a capacidade de carga e dimensionamento das correias transportadoras, dutos, moegas e rampas de descarga (CORRÊA e SILVA, 2000).

Para se determinar o ângulo de repouso existem vários dispositivos, como por exemplo uma caixa retangular com uma escala em centímetros fixada ao fundo e vidro na parte frontal e lateral, para que fosse possível fazer a leitura dos valores encontrados. Encontrando o cateto oposto e o adjacente, pode-se encontrar o valor do ângulo a partir do seu arco-tangente.

Em um trabalho realizado por Fowler e Wyatt (1960) apud Magalhães et al. (2000), foi observado um aumento no ângulo de repouso dos grãos de trigo, areia e outros com o aumento do teor de água. A variação desse valor com o teor de água foi explicada devido a formação de uma camada superficial de umidade em torno da partícula, tendo como resultado uma tensão superficial maior, fazendo as partículas ficarem mais agregadas.

3.3.2 Massa Específica Real e Aparente e Porosidade

De acordo com Silva et al. (2006), os principais parâmetros envolvidos na quantificação da resistência que uma massa de grãos impõe ao escoamento de ar são: massa específica real e aparente e porosidade e, em geral, são funções do teor de umidade do produto e da presença de impurezas na amostra.

A massa específica pode ser determinada com relação a razão entre a massa e o volume de uma determinada quantidade de um produto, incluindo também os espaços intergranulares (CORRÊA e SILVA, 2000). Existem dois tipos de massas específicas, a aparente e a real, sendo a primeira mais utilizada para determinar a capacidade de transporte e armazenamento e a segunda sendo mais utilizada para a escolha do equipamento apropriado de separação dos grãos.

A massa específica aparente pode ser determinada através da relação entre uma massa de grãos conhecida e um recipiente com volume conhecido ocupado por esses grãos. Já a massa específica real que também depende de uma relação entre massa e volume, necessita da complementação de uma outra metodologia para se saber o valor real, pode-se usar por exemplo, a metodologia da complementação de volume descrito por Moreira et al. (1985), apud Couto et al. (1999), Magalhaes et al. (2000), Faroni et al. (2005) e Moscon (2015).

De acordo com Corrêa e Silva (2000), a porosidade é a relação entre o volume ocupado pelo ar existente na massa granular e o volume total ocupado por esta mesma massa. Seu conhecimento é de grande importância, pois influi sobre a pressão de um fluxo de ar que atravessa a massa de grãos, interferindo assim, no dimensionamento de sistemas de secadores, ventiladores, na potência dos motores e aeração.

Corrêa et al. (2006) investigou que a redução do teor de água nos grãos de trigo, influencia suas propriedades físicas, provocando diminuição da porosidade e aumento da massa específica aparente e da massa específica real. Bajay et al. (2011) realizou pesquisas com a cultura do feijão fradinho e encontrou que a massa específica e a porosidade aumentam, respectivamente, na ordem de 20%, e 47% em função do aumento do teor de água.

3.3.3 Massa de mil grãos

A importância de se conhecer a massa de 1000 grãos está relacionada com a qualidade do mesmo. Serve para comparar qualidade de diferentes lotes, saber o número de grãos por embalagem, para fazer cálculo de densidade de semeadura e até mesmo rendimento de cultivos (CUNHA, 2004).

A massa de 1000 grãos pode ser determinada com a contagem aleatória de 8 repetições de 100 grãos (BRASIL, 2009). Quando se trata de grãos muito pequenos (exemplo de quinoa e amaranto), a contagem pode ser feita utilizando 3 repetições de 500 grãos, uma forma adaptada do manual Regras para Análises de Sementes.

Moscon (2015), observou que com a diminuição do teor de água dos grãos de quinoa e amaranto ocorreu também a diminuição da massa de 1000 grãos.

3.4 Influência do teor de água nos grãos

O teor de água é um dos principais fatores que atuam na qualidade, na deterioração e no potencial de armazenamento dos grãos. A água tem grande influência nas propriedades físicas dos grãos, pois todos tem uma certa quantidade de água em sua constituição.

Os grãos devem ser submetidos a determinação do seu teor de água com certa frequência, desde a colheita até o armazenamento, buscando manter o nível na qualidade e conservação dos mesmos (SILVA, 2000).

Um dos principais efeitos do teor de água nos grãos é a intensidade da respiração. Quanto mais seco e frio o produto estiver, menor a taxa de respiração e mais lenta é a deterioração do grão. O aumento do processo respiratório pode levar ao aquecimento de uma massa de grãos, causando sérios danos no produto. A respiração então, deve ser mantida a mais baixa possível, devido ao consumo de suas reservas ao longo do processo de armazenamento. Mostrando assim, a importância de se manter um teor de água adequado para cada tipo de produto.

Grãos armazenados secos, com teor de água entre 11 e 13%, segundo cada espécie, mantém um processo respiratório discreto. Se os grãos apresentarem teor de água acima do ideal para aquela cultura, significará prejuízo para o comprador,

pois além da perda de qualidade ele estará pagando também pelo excesso de água presente no grão (SILVA, 2000).

O teor de água em grãos pode ser determinado pela relação entre a quantidade de água e a massa seca ou a massa total. Pode ser representado em base úmida (b.u.) ou base seca (b.s.), sendo o primeiro usado em casos de comercialização e o segundo em cálculos mais específicos (SILVA, 2000).

Existem basicamente dois métodos para determinação do teor de água: o método direto que pode ser através do uso de estufa, radiação infravermelho e destilação e o método indireto, onde se usa métodos elétricos juntamente com o método da estufa.

Existem vários estudos relacionando o teor água do grão e suas propriedades físicas, Nelson (1980) apud Couto et al. (1999) por exemplo, estudou o efeito do teor de água de grãos de trigo (3 a 24 % b.u.) e de milho (10 a 35 % b.u.) no que se refere aos valores das massas específicas real e aparente. Para o trigo, estas massas específicas aumentaram ligeiramente com o aumento de água do grão (de 3 a 8% b.u.) e, depois diminuíram de forma contínua com o aumento do teor de água. As massas específicas real e aparente de grãos de milho diminuíram de forma contínua com o aumento de água do grão, até 30% b.u.; depois, ocorreu aumento da massa específica real com o aumento no teor de água, enquanto a massa específica aparente continuava a decrescer, sem tendência a aumentar.

Couto et al. (1999) investigou o efeito do teor de água em grãos de café e observou que existe uma tendência da massa específica real e aparente em diminuir com o decréscimo do teor de água no produto. E verificou também, que a porosidade das amostras de grãos de café cresce com o teor de água até certo ponto e depois decresce.

O teor de água é o fator que comanda a preservação do produto, se as condições de armazenamento não forem adequadas e promoverem um aumento da intensidade da respiração dos grãos, se torna algo prejudicial, devido às mudanças que ocorrem em suas propriedades físicas e químicas, tornando o produto inútil para o consumo in natura ou mesmo o processamento industrial (SILVA, 2000).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Pré-processamento de Produtos Agrícolas e no Laboratório de Tecnologia de Sementes pertencentes a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. No período de janeiro a maio de 2017.

4.2 Matéria-prima

Os grãos secos, limpos e selecionados de quinoa, Cultivar BRS Syetetuba (*Chenopodium quinoa*) e amaranto, cultivar BRS Alegria (*Amaranthus* spp.), foram obtidos da Fazenda Água Limpa (FAL), área experimental da Universidade de Brasília, localizada em Brasília-DF. Os grãos apresentaram um teor de água inicial de 8,5% para quinoa e 10,9% para o amaranto em base úmida.

4.3 Reumidificação dos grãos

A partir do teor de água inicial, os grãos foram reumidificados para obtenção de outros três níveis de teor de água ($10\pm 0,5\%$, $16\pm 0,5\%$ e $20\pm 0,5\%$ em b.u.). Os grãos de quinoa e amaranto tiveram seus teores de água modificados adicionando-se água destilada com o auxílio de um borrifador. Os grãos foram acondicionados em sacos plásticos com propriedade de barreira ao vapor de água, sendo mantidos em refrigerador em temperatura de $5\pm 1^\circ\text{C}$ por 5 dias (LANARO et al. 2011, adaptado).

4.4 Teor de água

As amostras foram umedecidas até alcançarem aos valores escolhidos para cada tratamento.

O teor de água foi determinado utilizando como base o método direto da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, com quatro repetições de cada tratamento e 10 g de grãos para cada amostra, de acordo com a RAS (Regras para Análise de Sementes) (BRASIL, 2009, adaptado).

Os grãos de amaranto apresentaram teor de água inicial médio de $10\pm 0,5\%$ que foi mantido como tratamento T0. Para o tratamento T1, foi borrifado aproximadamente 57 ml de água para se chegar a um valor médio de $16\pm 0,5\%$. E para o tratamento T2 foi borrifado aproximadamente 99 ml de água para chegar em um valor médio de $20\pm 0,5\%$.

Os grãos de quinoa tinham o teor de água inicial médio de 8,5%, portanto, foi necessário o umedecimento para aproximar aos valores das umidades estabelecidas para o amaranto para fins de comparação. No tratamento T0 foi borrifado aproximadamente 17 ml de água, no T1 43,6 ml e T2 64 ml. É possível notar que foi necessária uma quantidade menor de água para que os teores de água pré-estabelecidos para a quinoa fossem atingidos, mostrando que o tegumento desse tipo de grão tem maior facilidade na absorção de água. Na figura 1 abaixo é possível observar os materiais usados para reumidificação.

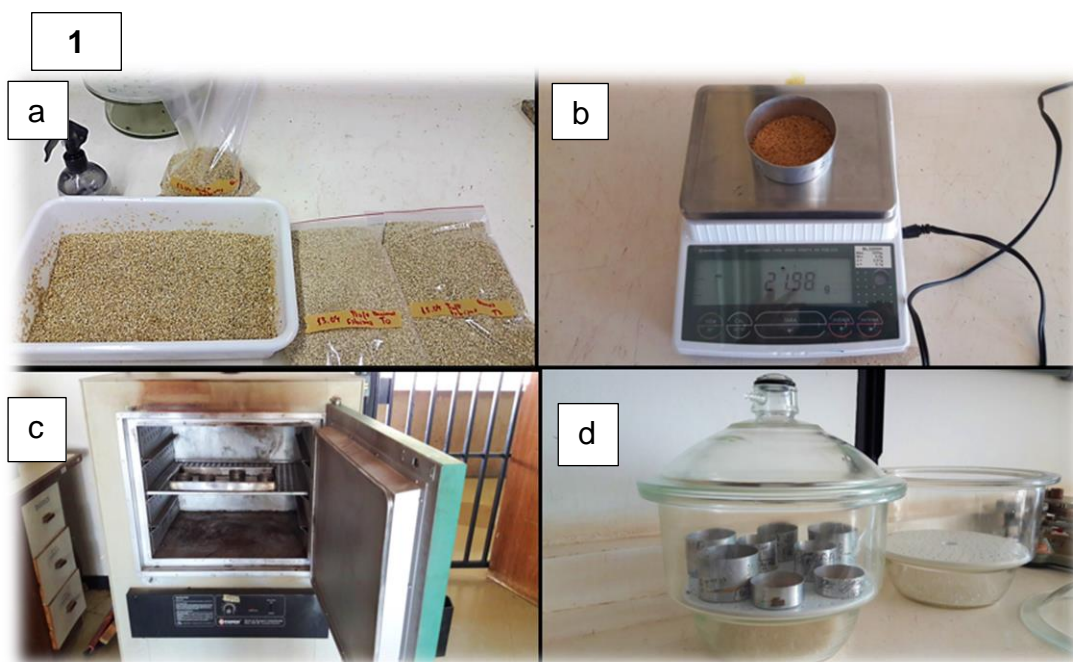


Figura 1. (a) Recipiente plástico, borrifador e sacos plásticos, usados para o umedecimento dos grãos de quinoa e amaranto. (b) Balança eletrônica para pesagem das amostras. (c) Estufa. (d) Dessecador.

4.5 Massa Específica Aparente

Para se encontrar a massa específica aparente dos grãos de quinoa e amaranto, utilizou-se uma proveta com capacidade para 50 ml, uma balança eletrônica com precisão de 0,001g e um funil comum para auxiliar na queda dos grãos dentro da proveta graduada (Figura 2). Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento e as massas de grãos foram escolhidas aleatoriamente no montante. Esse método foi adaptado do trabalho de Siqueira, Resende e Chaves (2012).

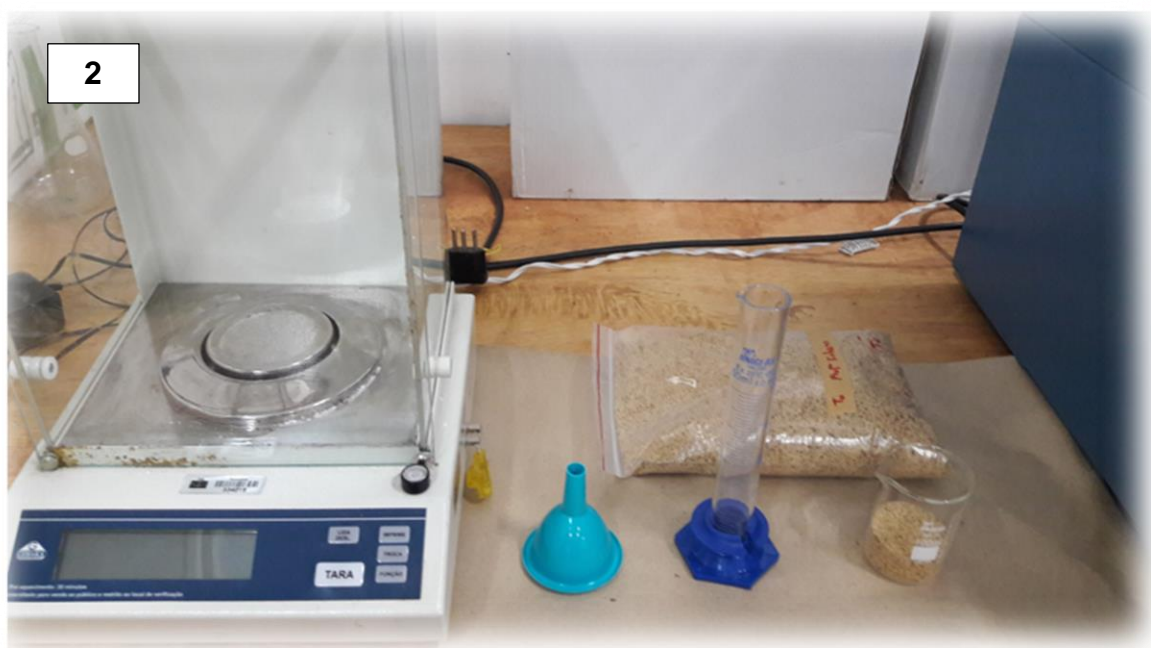


Figura 2. Balança analítica, proveta graduada de 50ml e funil, usados para determinar a massa específica aparente.

Para se chegar ao valor da massa específica aparente é necessário ter conhecimento da massa de grãos utilizada em quilos, do volume da proveta ou recipiente em metros cúbicos e usar a equação número 1 descrita abaixo:

$$\rho_{ap} = \frac{m \text{ graos}}{V \text{ graos}} \quad (1)$$

onde:

ρ_{ap} : Massa específica aparente (kg/m^3);

m grãos: massa dos grãos (kg);

V grãos: volume dos grãos (m^3).

4.6 Massa Específica Real

Para determinação da massa específica real utilizou-se uma balança eletrônica com precisão de 0,001g, um balão volumétrico com capacidade para 50ml, bureta graduada de 25ml, óleo de soja refinado e uma massa de grãos de 15g coletadas aleatoriamente de cada tratamento (Figura 3).

A massa específica real é obtida através da relação de uma massa de grãos conhecida em quilogramas, o valor do volume do balão utilizado e o volume do líquido usado para complementar o balão, ambos volumes em metros cúbicos.

O volume pode ser determinado através da metodologia da complementação de volume descrito por Moreira et al. (1985), apud Couto et al. (1999), Magalhaes et al. (2000), Moscon (2015), entre outros.

Os grãos foram colocados nos balões volumétricos e o volume foi completado com óleo de soja refinado através de uma bureta graduada. Foram realizadas 4 repetições de cada tratamento. Com isso, utilizando-se dos valores encontrados, calcula-se a massa específica real com a equação 2 descrita abaixo:

$$\rho_{\mu} = \frac{m \text{ graos}}{V. \text{ balao} - V. \text{ óleo}} \quad (2)$$

onde:

ρ_{μ} : Massa específica real (kg/m³);

m grãos: massa dos grãos (kg);

V. balão: volume do balão (m³);

V. óleo: volume do óleo (m³).

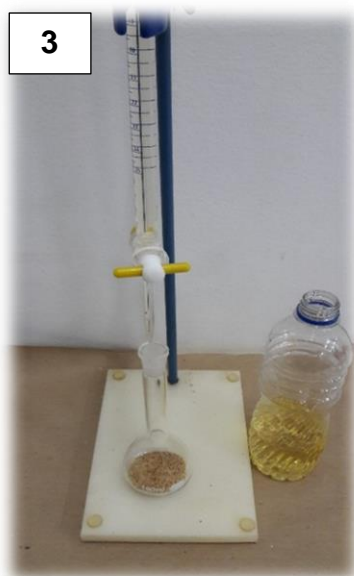


Figura 3. Bureta graduada, óleo de soja e balão volumétrico, usados para encontrar a massa específica real dos grãos de quinoa e amaranto.

4.7 Porosidade

A porosidade está em função da relação dos valores encontrados para a massa específica aparente e a massa específica real. Pode ser determinada de forma indireta a partir da equação 3 abaixo, que foi descrita no livro *Physical Properties of Plant and Animal Materials* por Mohsenin (1986), apud Correa et al. (2005), Ribeiro et al. (2005), Moscon (2015), entre outros.

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{\mu}} \right] \times 100 \quad (3)$$

onde:

ε : porosidade (%);

ρ_{ap} : massa específica aparente (kg/m^3);

ρ_{μ} : massa específica real (kg/m^3).

4.8 Ângulo de Repouso ou Talude

Para determinar o ângulo de repouso, foi utilizado um instrumento de madeira baseado no trabalho de Magalhaes et al. (2000), adaptado para grãos de pequeno tamanho (Figura 4).



Figura 4. Equipamento utilizado para encontrar o ângulo de repouso.

O instrumento utilizado baseia-se em uma caixa retangular feita de MDF com uma escala em centímetros fixada ao fundo e vidro na parte frontal e lateral, para que fosse possível fazer a leitura dos valores encontrados. A lateral do instrumento possuía um valor fixo de 8 cm, equivalendo ao valor do cateto adjacente ao ângulo formado dentro do equipamento. A escala ao fundo fornecia o valor do cateto oposto ao ângulo (Figura 5).

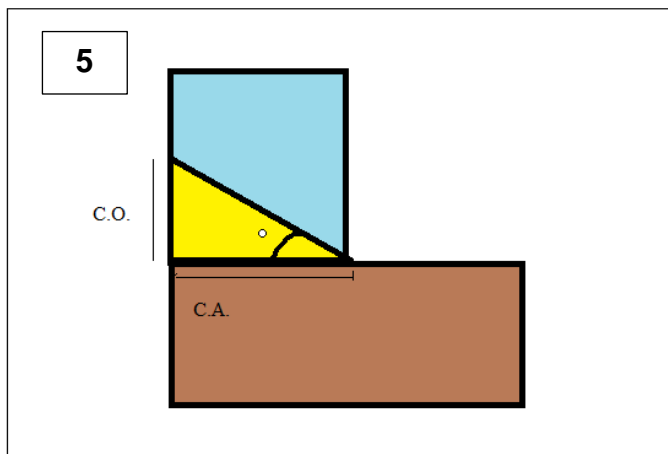


Figura 5. Esquemática do funcionamento do equipamento para obtenção do ângulo de repouso.

Foi utilizado também um becker de valor conhecido, o mesmo foi apoiado na lateral superior do equipamento, para que fosse possível manter uma mesma altura de queda dos grãos nas quatro repetições de cada tratamento (MOSCON, 2015).

Após a obtenção dos valores, utilizou-se a equação 4 para encontrar o ângulo de repouso da massa de grãos:

$$\text{arc tan} = \frac{\text{C. O.}}{\text{C. A.}} \quad (4)$$

onde:

arc tan: arco tangente (°)

C.O.: Cateto oposto (mm)

C.A.: Cateto adjacente (mm)

4.9 Massa de mil grãos

A massa de 1000 grãos foi determinada fazendo a contagem de forma aleatória de 500 grãos, com quatro repetições para cada tratamento, foi realizado com base no trabalho de Moscon (2015), que foi uma forma adaptada da Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Por se tratar de grãos pequenos e para facilitar a contagem dos mesmos, utilizou-se como material de apoio duas cartolinas pretas e uma pinça comprida (Figura 6).



Figura 6. Cartolina preta e pinça longa, usadas para a contagem dos grãos de quinoa e amaranto.

Após a contagem, pesou-se a massa de grãos em uma balança analítica com precisão de 0,0001g. Ao fim, multiplicou-se por duas vezes o valor encontrado.

4.10 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) em esquema fatorial 2x3 (2 tipos de grãos e 3 teores de água) com 4 repetições, totalizando 24 parcelas.

Os valores experimentais obtidos da massa específica real e aparente, ângulo de repouso, massa de 1000 grãos e porosidade foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias foi efetuada por meio do teste Scott-Knott (1974), com um nível de significância de 5%. Os dados obtidos foram analisados através do Software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo serão encontrados tabelados as médias dos valores que foram observados para todas as variáveis estudadas e os resultados estatísticos.

5.1 Massa Específica Real ($\rho\mu$)

Na tabela abaixo encontram-se as médias dos valores observados da massa específica real dos grãos de quinoa e amaranto.

Tabela 1 - Valores médios de massa específica real dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.

Teor de água (bu.)	Amaranto (kg/m ³)	Quinoa (kg/m ³)
10±0,5%	1366,1 aA	1218,9 bA
16±0,5%	1333,7 aB	1205,2 bA
20±0,5%	1306,2 aC	1242,2 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Observa-se que houve diferença estatística na massa específica real entre os três diferentes teores de água para os grãos de amaranto. Já para os grãos de quinoa não houve diferença significativa entre os teores de água de 10 e 16%. Observa-se também, que houve diferença significativa na massa específica real entre os grãos de quinoa e amaranto para os diferentes teores de água.

Os valores de massa específica real para os grãos de amaranto variaram de 1366,1 e 1306,2 kg/m³, para os teores de água de 10±0,5 e 20±0,5% (b.u.), respectivamente. Mendonza et al. (2003), apud Moscon (2015), encontraram em suas pesquisas com *Amaranthus hypochondriacus* valores médios para massa específica

real em torno de 1370 kg/m³ em um intervalo de 5 a 20% de teor de água. Nota-se, que ocorreu uma redução nos valores de massa específica real com o aumento do teor de água no grão. Ribeiro et al. (2005), Corrêa et al. (2006) e Andrade et al. (2014), também observaram uma redução na massa específica real com o aumento do teor de água em grãos de soja, trigo e abóbora, respectivamente.

Bajay et al. (2011), explica que a redução da massa específica real com o aumento do teor de água, ocorre devido a menor densidade de água com relação aos demais componentes do grão.

A equação 2, pode ser definida como a relação entre massa e volume ($d = \frac{m}{v}$), onde a densidade e a massa são diretamente proporcionais a um volume constante. Por sua vez, densidade e volume são inversamente proporcionais. Ao aumentar o teor de água do grão, espera-se que a massa do grão aumente. Se a quantidade de água presente no grão não influenciasse no seu volume, a sua massa específica seria diretamente proporcional ao seu teor de água. No entanto, os resultados obtidos mostram que isto não ocorre, ou seja, o teor de água influencia na massa e no volume do grão.

Pela tabela 1, verifica-se que a densidade do grão diminui, ou seja, pela equação $d = \frac{m}{v}$, isso quer dizer que com o estado inicial o volume do grão aumenta em maior proporção que sua massa, diminuindo sua densidade com o aumento do teor de água.

Os valores de massa específica real para os grãos de quinoa variaram de 1218,9 e 1242,2 kg/m³, para os teores de água de 10±0,5 e 20±0,5% (b.u.), respectivamente. Verifica-se um comportamento diferente em relação a massa específica real dos grãos de quinoa, inicialmente apresenta um valor alto e posteriormente diminui e retorna a aumentar. Isso pode ser explicado devido a taxa de impurezas presentes nas amostras, a forma usada para reumidificar os grãos, forma de armazenamento.

Resultados semelhantes foram observados por Costa e Devilla (2007), que relataram aumento do valor da massa específica real dos grãos de quinoa, variando de 1107,67 a 1322,29 kg/m³, com teores de água entre 11,90 e 20,31%. Sendo inversamente proporcional ao teor de água.

Couto et al. (1999), também verificou um aumento da massa específica real com o aumento do teor de água em grãos de café, mostrando também um comportamento inverso esperado para maioria dos grãos.

5.2 Massa Específica Aparente (ρ_{ap})

Na 2 tabela abaixo, encontram-se as médias dos valores observados da massa específica aparente dos grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água.

Tabela 2 – Valores médios de massa específica aparente dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.

Teor de água (bu.)	Amaranto (kg/m ³)	Quinoa (kg/m ³)
10±0,5%	823,1 aA	595,6 bA
16±0,5%	792,1 aB	574,6 bA
20±0,5%	725,6 aC	650,0 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Observa-se que houve diferença estatística entre os diferentes teores de água dos grãos de amaranto. Já para os grãos de quinoa, não houve diferença significativa entre os teores de 10 e 16%. Verifica-se, que houve diferença significativa na massa específica aparente entre os grãos de quinoa e amaranto, que diferiram entre si para três teores de água estudados.

Com relação ao amaranto, observa-se uma redução da massa específica aparente com o aumento do teor de água do grão. Variando de 823,1 a 725,6 kg/m³, com teores de água de 10±0,5 a 20±0,5% (b.u.). Ruffato et al. (1999), Corrêa et al. (2006), Costa e Devilla (2007) e Bajay et al. (2011), observaram o mesmo fenômeno com milho pipoca, trigo, quinoa e feijão fradinho, respectivamente.

Para quinoa inicialmente com teor de água (10±0,5%), houve uma redução no valor da massa específica aparente, mas posteriormente com o teor de água (20±

0,5%), o valor de massa específica aparente aumentou. Fato este que pode ser explicado devido a taxa de impurezas, forma usada para reumidificar os grãos, porcentagem de grãos quebrados. Andrade et al. (2014), também observaram em grãos de abóbora uma variação nos valores para massa específica aparente, inicialmente diminuindo e depois aumentando com o aumento do teor de água.

Couto et al. (1999), observaram em grãos de café o aumento da massa específica aparente com aumento no teor de água do grão, os valores encontrados variaram de 391,3 a 606,6 kg/m³, com teores de água em uma faixa de 18,6% a 62,6% (b.u.). Indicando que ao se reduzir o teor de água de uma amostra de grãos, sua massa é reduzida mais rapidamente que o seu volume.

De acordo com Corrêa et al. (2006), além do teor de água, a massa específica aparente é influenciada pelo processo de adsorção ou dessorção, que consiste em ganho e perda de água.

5.3 Porosidade (ϵ)

Na tabela 5, encontram-se as médias dos valores observados da porosidade dos grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água.

Tabela 3 – Valores médios da porosidade dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.

Teor de água (bu.)	Amaranto (%)	Quinoa (%)
10±0,5%	39,7 aA	51,1 bA
16±0,5%	40,5 aA	52,2 bA
20±0,5%	44,4 aB	47,6 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Verifica-se que houve diferença estatística nos valores para porosidade entre os grãos de quinoa e amaranto, que diferiram entre si nos três teores de água

estudados. No entanto, observa-se que não ocorreu diferença estatística nos teores de água de 10 e 16% dos grãos de amaranto e quinoa.

A porosidade dos grãos de amaranto decresceu com o aumento no teor de água, variando de 39,7 a 44,4%, com teores de água de $10\pm 0,5$ e $20\pm 0,5\%$, respectivamente. Se comportando como o esperado da maioria dos produtos agrícolas. Corrêa et al. (2006) e Bajay et al. (2011), observaram em grãos de trigo e feijão fradinho, respectivamente, o aumento da porosidade com o aumento do teor de água do grão.

A porosidade dos grãos de quinoa variaram inicialmente de 51,1 a 52,2% e posteriormente o valor decresceu para 47,6%. Esse comportamento, se deve possivelmente ao fato de que para se encontrar essa propriedade física, depende-se da relação entre a massa específica aparente e real, sendo que ambas se comportaram anteriormente de forma diferente da maioria dos grãos. Andrade et al. (2014), observaram uma variação com aumento e diminuição dos valores da porosidade nos grãos de abóbora. Couto et al. (1999), observou um comportamento semelhante com grãos de café, a porosidade primeiramente cresce juntamente com o teor de água e então, decresce.

5.4 Ângulo de Repouso (°)

Na tabela 3, encontram-se as médias dos valores observados do ângulo de repouso dos grãos de quinoa e amaranto em função do teor de água.

Tabela 4 – Valores médios para o ângulo de repouso dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.

Teor de água (bu.)	Amaranto (°)	Quinoa (°)
$10\pm 0,5\%$	28,1 aA	36,6 bA
$16\pm 0,5\%$	33,0 aB	37,7 bB
$20\pm 0,5\%$	33,7 aB	37,6 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Verifica-se que houve diferença estatística para os ângulos de repouso entre os grãos de quinoa e amaranto, que diferiram entre si para os três teores de água estudados. No entanto, não houve diferença estatística para os grãos de quinoa e amaranto para os teores de água de 16 e 20%, como pode ser observado nas colunas da Tabela 3.

Os valores de ângulo de repouso para o amaranto variaram de 28,1 a 33,7°, com teores de água de $10\pm 0,5$ e $20\pm 0,5\%$, respectivamente. Observa-se que existe uma tendência do aumento do ângulo de repouso com o aumento do teor de água no grão. Silva e Corrêa (2000) apud Moscon (2015), afirmam que o ângulo de repouso e outros aspectos são altamente influenciados pelo teor de água do produto.

Nota-se que ocorreu inicialmente um aumento no ângulo de talude dos grãos de quinoa e em seguida ocorreu uma leve diminuição desse valor, podendo ser explicado devido as taxas de impureza, forma usada para reumidificar os grãos ou mesmo erro experimental. Bajay et al. (2011), observaram uma tendência do aumento do ângulo de repouso com o aumento do teor de água em grãos de feijão fradinho, embora existam oscilações desses valores.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2014) com grãos de café moído. Esperasse que com o aumento no teor de água do grão, aumente o ângulo de repouso. Sendo explicado no caso de grãos moídos devido a aglomeração dos mesmos e no caso de grãos inteiros, devido ao aumento do contato grão/grão. Silva et al. (2006), observou a mesma tendência em grãos de café com pergaminhos. Sendo esse comportamento algo esperado na maioria dos produtos agrícolas.

5.5 Massa de mil grãos (g)

Observa-se na tabela 4, que o aumento do teor de água resultou no aumento da massa dos grãos de quinoa e amaranto.

Tabela 5 – Valores médios da massa de 1000 grãos dos grãos de quinoa e de amaranto em função do teor de água.

Teor de água (bu.)	Amaranto (g)	Quinoa (g)
10±0,5%	0,70 aA	2,97 bA
16±0,5%	0,72 aA	3,06 bB
20±0,5%	0,74 aA	3,24 bC

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Para os grãos de amaranto, verifica-se que não houve diferença estatística na massa de 1000 grãos para os três teores de água estudados. Para os grãos de quinoa, houve diferença estatística entre todos os três teores de água. Observa-se que houve diferença estatística para os valores na massa de 1000 grãos entre os grãos de quinoa e amaranto, que diferiram entre si nos teores de água estudados.

Os valores para massa de 1000 grãos para quinoa aumentaram de 2,97 a 3,24 g com o aumento do teor de água de 10±0,5 a 20±0,5%, respectivamente.

Nos grãos de amaranto, os valores médios variaram de 0,70 a 0,74 g, mostrando que houve apenas um pequeno aumento na massa de 1000 grãos com relação ao aumento do teor de água.

Os resultados concordam com os valores obtidos por outros pesquisadores, como com a cultura do feijão (RESENDE et al., 2008), feijão fradinho (BAJAY et al., 2011), quinoa e amaranto (MOSCON, 2015), com amendoim (ARAUJO et al., 2014). Mostrando que se houve aumento na massa dos grãos, o processo de reumidificação foi eficiente.

O aumento na massa dos grãos de quinoa e amaranto com o aumento do teor de água, pode ser explicado devido ao fato dos grãos serem higroscópicos, ou seja, interação com as condições do meio. No processo de reumidificação, por exemplo, a água adicionada é absorvida pelo grão, ocupando seus espaços intercelulares e poros, ocorrendo o aumento da sua massa final. Sendo algo esperado para a maioria dos produtos agrícolas.

6. CONCLUSÃO

O teor de água interfere diretamente nas propriedades físicas dos grãos de quinoa e amaranto.

Para a quinoa, o aumento do teor de água, promoveu uma redução nos valores de massas específicas reais e aparentes, e posteriormente um aumento nesses valores. Ocorre um aumento significativo no ângulo de repouso e na massa de 1000 grãos.

Para o amaranto, o aumento no teor de água, promove uma redução significativa na massa específica real, massa específica aparente e a porosidade. O ângulo de repouso e a massa de 1000 grãos aumentaram.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p. 606-613, 2009.

ANDRADE, E. T.; TEIXEIRA, L. P.; ESPÍNDOLA, J. Z.; FIGUEIRA, V. G.; SILVA, I. M. **Determinação das propriedades físicas e avaliação da cinética de secagem dos grãos de abóbora**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Campo Grande – MS, 2014.

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; DE SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.279–286, 2014.

BAJAY, L. B.; DI LANARO, N.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 27-35, 2011.

BRAMBILLA, T. R.; CONSTANTINO, A. P. B.; D'OLIVEIRA, P. S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 761-768, out./dez. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 365p.,1992.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. Isotermas de sorção das espigas de milho: obtenção e modelagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 126-134, 2005.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.665–670, 2006.

COSTA, M.D.; DEVILLA, I.A. **Propriedades físicas dos grãos de quinoa**. PIBIC. UnUCET- UEG. 2007.

COUTO, S.M.; MAGALHÃES, A.C.; QUEIROZ, D.M.; BASTOS, I.T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.3, n.1, p.61-68, 1999.

CUNHA, M. B. da. **Comparação de Métodos para obtenção do peso de mil sementes de aveia preta e soja**. Dissertação mestrado - UFPEL, 2004.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>. Acesso em: maio de 2017.

MAGALHÃES, A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; ANDRADE, E. T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e Ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.39-56, 2000.

MOSCON, E. S. **Cinética de secagem e propriedades físicas de quinoa e amaranto e qualidade de sementes de quinoa**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 87p. Dissertação de Mestrado. 87p., 2015.

OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C SANTOS; F. L.; VASCONCELOS; W. L.; CALIL JÚNIOR; C.; BAPTESTINI; F. M.; ELÍAS G. A. V. Caracterização física de café após torrefação e moagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 1813-1828, 2014.

PRIA, M. L. L. C. D.; PIMENTEL, T. C.; PRUDENCIO, S. H. **Envelhecimento do amaranto: alterações físicas nos grãos e nas propriedades físico-químicas e funcionais das proteínas**. B.CEPPA, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 223-238, jul./dez. 2014.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M.: Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 225-230, jan./fev., 2008.

RIBEIRO, V. S.; SOBRAL, M. S.; AMEIDA, M. M.; SILVA, G. F. Propriedades físicas de produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.1-6, 2002.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, D. H.; GONELI, A.L.D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 611-617, 2005.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; MANTOVANI, B.H.M.; SILVA, J.N. Influência do Processo de secagem sobre a Massa Específica Aparente, Massa Específica Unitária e Porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p. 45-48,1999.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG. Ed. Aprenda Fácil. p. 22-37, 2000.

SILVA, J. S.; CORRÊA, P. C. Estrutura, composição e propriedades dos grãos In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, p. 22-37, 2000.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; CALIL-JÚNIOR, C.; GOMES, F. C. Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café com pergaminho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2006.

SILVA, D. J. P.; COUTO, S. M.; PEIXOTO, A. B.; SANTOS, A. E. O.; VIEIRA, S. M. J. Resistência de café em coco e despulpado ao fluxo de ar. v.10, n.1, p.168–174, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2006.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas das sementes de pinhão-mansão ao longo da secagem em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2705-2714, 2012.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; LARA CABEZAS, W.A.R.L.; ERASMO, E.A.L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.659-663, 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, jan./abr. 2006.

SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B.; VELOSO, R.F.; CARVALHO, W.P.; ANDRADE, S.C. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1.Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2007.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D. L.; BRENNER, D.; ERASMO, E.A.L.; FARFAN, J.A.; ARÊAS, J.A.G.; ASCHERI, J.L.R.; VELOSO, R.F.; SÁNCHEZ, A.M.; ANDRADE, S.C.; PELLIZARO, H.; CARVALHO, W.P. **Amaranto: opção para diversificar a agricultura e os alimentos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1.Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2007.