



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV**

**QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E  
DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.**

**Mateus do Carmo Cunha**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA – DF**

**JULHO/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV**

**QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E  
DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.**

**Mateus do Carmo Cunha**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA – DF**

**JULHO/2014**

Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV

**QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.**

Mateus do Carmo Cunha

Matrícula: 09/0125690

Projeto final de Estágio Supervisionado, submetido à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Carlos Roberto Spehar  
Eng. Agr., Dr. em Genética, Melhoramento e Nutrição de Plantas  
Orientador

---

Prof. Marcelo Fagioli  
Eng. Agr., Dr em Produção e Tecnologia de Sementes  
Avaliador Interno

---

Eng. Agr. MSc. Flívia Fernandes de Jesus Souza  
Doutoranda- UnB  
Avaliador Externo

Brasília – DF, julho de 2014.

CUNHA, Mateus do Carmo.

**QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA./** Mateus do Carmo Cunha. Brasília. UnB.

V,58 folhas.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

Orientador: Prof. PhD. Carlos Roberto Spehar.

1. Quinoa 2. Teste de Condutividade 3. Cultivo 4. Utilização

**Referência Bibliográfica**

CUNHA, Mateus do Carmo Cunha. **Quinoa: características agronômicas, nutricionais e determinação do vigor de sementes pelo teste de condutividade elétrica.** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

**Nome do Autor:** Mateus do Carmo Cunha

**Título da Monografia de Conclusão de Curso: QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.**

**Ano: 2014**

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e 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 pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Mateus do Carmo Cunha Matrícula: 09/0125690

Endereço: Universidade de Brasília Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte CEP 70910-900 Brasília-DF — Brasil

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, por prover toda a energia necessária ao nosso desenvolvimento como seres humanos, para que nos tornemos melhores a cada dia. A minha família e amigos pelo suporte incondicional em todas as minhas fases. Aos meus colegas de graduação; João Júnior Duque, Emanuel e Carlos Eduardo Almeida Luz, Thiago Brandão, Matheus de Almeida e Heyder Lopes, pela amizade e suporte dado em nossa convivência durante o curso. Agradeço à UnB, pela infra-estrutura, pela assistência e disponibilidade dos técnicos de laboratório, em especial a dos técnicos Márcio Antônio Mendonça e Ricardo Gomes, das pessoas da secretaria do curso, à Dra. Ana Maria, coordenadora, e ao Prof. Luiz Antônio Borgo pela atenção. Agradeço pela motivação, amizade e espírito de inovação do meu orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar e de Flívia Fernandes, pois sem suas enormes contribuições, sugestões inteligentes, e suas idéias iniciais para este trabalho, nada disso seria possível. Agradeço também pela amizade e pelo apoio para a execução deste trabalho de Sabrina Navas, Rafaela Souza e William Bittencourt, grandes motivadores de pessoas.

à todos envolvidos na execução desse trabalho,

à Deus,

à minha família, em especial minha Tia Dina e

à minha mãe Marileida,

à minha irmã Pâmela

Dedico.

And on the 8th day, God looked down on his planned paradise and said, "I need a caretaker." So God made a farmer.

...

God said, "I need somebody strong enough to ... seed, weed, feed, breed and rake and disc and plow and plant and tie the fleece and strain the milk and replenish the self-feeder and finish a hard week's work with a five-mile drive to church.

...

"Somebody who'd bale a family together with the soft strong bonds of sharing, who would laugh and then sigh, and then reply, with smiling eyes, when his son says he wants to spend his life 'doing what dad does.'" So God made a farmer.

Paul Harvey's 1978 'So God Made a Farmer' Speech

E no oitavo dia, Deus olhou para baixo, viu o paraíso que havia planejado e disse; "Eu preciso de um zelador". Então Deus fez o produtor rural.

...

Deus disse, "Eu preciso de alguém forte o suficiente para ... semear, combater ervas-daninhas, adubar, melhorar, ajuntar, arar, plantar, tosquiar e coar o leite e alimentar o cocho e terminar uma semana de trabalho duro com uma viagem de cinco milhas para a igreja.

...

"Alguém que manteria uma família junta através de laços solidários, que iria rir e suspirar, e depois responder, com os olhos sorridentes, quando seu filho dissesse que quer passar sua vida fazendo o que o pai faz." Então Deus fez o produtor rural.

Discurso de Paul Harvey em 1978; "E então Deus fez o produtor rural"

## Sumário

Capítulo 1.....	9
Resumo.....	9
1. Introdução.....	10
2. Revisão Bibliográfica.....	12
2.1 Local de origem e história.....	12
2.2 Taxonomia, descrição botânica e aspectos reprodutivos.....	12
2.3 Descrição da semente.....	14
2.4 Usos e importância nutricional.....	16
2.5 A cultura da quinoa nos Andes e no Brasil	19
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
Capítulo 2.....	27
Resumo.....	27
1. Introdução.....	28
2. Objetivo.....	30
3. Revisão Bibliográfica.....	31
3.1 O processo de germinação e emergência em <i>Chenopodium quinoa</i> .....	31
3.2 O processo de germinação e emergência em <i>Chenopodium quinoa</i> .....	34
3.2 Produção de sementes .....	32
3.3 Qualidade de sementes.....	34
3.4 Testes para a avaliação do potencial fisiológico de sementes.....	35
3.4.1 Testes para avaliação de Vigor.....	36
3.5 Desestruturação de membranas e deterioração das sementes.....	38
3.6 O teste de condutividade elétrica.....	39
4. Material e Métodos.....	41
4.1 Local do Experimento.....	41

4.2 Lotes de Sementes Utilizados.....	41
4.3 Avaliações da qualidade fisiológica das sementes.....	41
4.3.1 Teste Padrão de Germinação (TPG).....	41
4.3.2 Teor de Água (TA).....	41
4.4 Testes de Vigor.....	42
4.4.1 Primeira Contagem (PC).....	42
4.4.2 Comprimento de Plântulas (C.P).....	42
4.4.3 Massa Verde de Plântulas (MV).....	42
4.4.4 Massa Seca de Plântulas (MS).....	42
4.4.5 Emergência de Plântulas (EP).....	43
4.4.6 Teste de Condutividade Elétrica.....	43
4.5 Delineamento e Análise Estatística dos Testes.....	43
4.6 Análise estatística do teste de condutividade.....	44
5. Resultados e Discussão.....	49
6. Conclusões.....	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## CAPÍTULO 1

### CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DA QUINOA

#### Resumo

As pesquisas com enfoque no grão de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) têm demonstrado seu elevado potencial nutritivo. Com um teor de proteínas mais elevado do que o dos cereais, seu perfil de aminoácidos é completo. Em termos agronômicos, é uma cultura que pode vir a se tornar uma opção-chave para diversificar os agro-ecossistemas, garantindo um bom retorno econômico para os produtores da região centro-oeste, na medida em que cultivares cada vez mais adaptados a essas condições são desenvolvidos e o mercado externo e interno se tornam mais atrativos devido à valorização de seus preços. Assim, o capítulo seguinte teve como objetivos descrever a relevância atual do cultivo da quinoa e como ele é desenvolvido, bem como seu potencial nutracêutico e seus principais usos.

**Palavras-chave;** *Chenopodium quinoa*, composição, propriedades nutricionais, cultivo.

## 1. INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd), apesar de pouco difundida no Brasil, é uma planta que se enquadra como uma boa opção para a diversificação do sistema produtivo. Apresenta grãos com elevada qualidade nutricional, possibilidade de uso como planta forrageira e biomassa suficiente para proteger o solo em plantio direto, muitas vezes reduzindo os custos da cultura principal (SPEHAR, 2007). A produção boliviana do grão (50.566 toneladas) superou a produção peruana (44.190 toneladas) em 2012. Segundo a Câmara Boliviana de Exportadores de Quinoa e Produtos Orgânicos, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) promoveu o seu valor nutricional e importância para a segurança alimentar estabelecendo 2013 como o “Ano da Quinoa”. O interesse mundial pelo consumo e produção do grão despertou maior interesse, gerando elevação do preço no mercado internacional (US\$ 7000 por tonelada) (ABREGU, 2014).

Desde o início das pesquisas com quinoa na década de 1980, o consumo tem crescido no Brasil. Entretanto, a área plantada é incipiente e pode ser aumentada, atendendo a demanda que atualmente é suprida pela importação (ROCHA, 2008).

Até o momento, o único cultivar da espécie devidamente registrado no Registro Nacional de Cultivares é o BRS Piabiru, sendo seu mantenedor a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (BRASIL, 2014). Resultado da recente introdução e tentativa de adaptação da cultura no Brasil pela Embrapa, a Universidade de Brasília, a Universidade Federal de Goiás e a Associação de Plantio Direto nos Cerrados, BRS Piabiru foi selecionado para ausência de saponina, glicosídeo de sabor amargo que limita o consumo do grão.

O cultivar, porém, apresenta algumas limitações do ponto de vista agrônomo, tais como pequeno tamanho de sementes e 145 dias da emergência a maturação (em sucessão à soja, safrinha e na entressafra), totalizando um ciclo longo (ROCHA, 2008; SPEHAR; SANTOS, 2002). Recentemente, a seleção de progênies, em particular a Q4.5 (em população originária dos vales equatorianos), e a uniformização de suas características agrônomicas permitiram obter BRS Syetetuba (SPEHAR; ROCHA; SANTOS,

2011). Este apresentou 120 dias da emergência a maturação (em experimentos de verão e entressafra), grãos livres de saponina e maior peso médio de grãos ( $2,9 \text{ g } 1000^{-1}$ ) em comparação com a BRS Piabiru ( $2,42 \text{ g } 1000^{-1}$ ).

No contexto da seleção desses novos cultivares, estudos sobre a qualidade fisiológica das sementes se fazem necessários. A literatura indica que a qualidade intrínseca em quinoa é baixa, perdendo a germinação quando armazenada nas condições ambientais do Cerrado, sob altas temperaturas. As altas umidades também prejudicam a semente devido a higroscopicidade das sementes (SOUZA, 2013; SPEHAR, 2007).

Dentre os insumos utilizados para o estabelecimento de um bom estande de plantas, sementes de alta qualidade são consideradas essenciais. A sua qualidade constitui um fator determinante para o sucesso em se atingir densidade populacional de acordo com a expectativa de rendimento. Isto se deve ao fato de que elas contem todas as informações genéticas e reservas que irão gerar uma planta adulta (COSTA; CAMPOS, 1997; MARCOS FILHO, 2005).

Com base nos atributos positivos da quinoa, na produção agrícola e utilização como alimento, sua demanda deverá crescer no Brasil. Quanto maiores forem a divulgação, a pesquisa e a quantidade de formas de uso para o grão, maiores serão as chances de produção em uma maior escala e de suprimento da demanda interna, em um primeiro momento. Daí, a necessidade de intensificar a pesquisa em quinoa nas diversas áreas, dentre elas a qualidade de sementes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Local de origem e história.

A espécie de nome científico *Chenopodium quinoa* Willd é conhecida comumente como quinoa ou *quinua* nos Estados Unidos; *quinua* ou *kiuna* no Equador, Perú e Bolívia; *quinhua* no Chile e *suba* na Colômbia (MUJICA-SANCHEZ, 1994).

Assim como outras numerosas espécies, tem como centro de origem a região dos Andes, berço de grandes civilizações pré-colombianas. O cultivo foi desenvolvido por milhares de anos, sendo o alimento principal dessas culturas e está distribuído em diferentes zonas agro-ecológicas da região (BIODIVERSITY INTERNATIONAL et al., 2013). Após a ocupação hispânica teve seu cultivo negligenciado, provavelmente pelo cultivo da cevada e do trigo e como forma de opressão à sociedade e religião locais (RISI CARBONE, 1986 apud SPEHAR, 2006).

A planta possui uma ampla variabilidade genética, tornando possível o uso estratégico de seu acervo para gerar variedades superiores com precocidade, maior tamanho de grãos, resistência a fatores bióticos e abióticos, rendimento e subprodutos (BIODIVERSITY INTERNATIONAL et al., 2013).

### 2.2 Taxonomia, descrição botânica e aspectos reprodutivos

A quinoa pertence ao gênero *Chenopodium*, o qual abrange aproximadamente 250 espécies identificadas (GIUSTI, 1970). A espécie era pertencente à família *Chenopodiaceae* (MAUGHANET et al., 2004), na qual se encontram outras espécies como *C. Ambrosioides* (mastruz), *C. Álbum* (ançarinha branca) e *C. palidicaule* (hauzontle). Após estudos filogenéticos, a família *Chenopodiaceae* foi englobada pela família *Amaranthaceae* (APG II, 2003). Assim, na classificação atual, a quinoa pertence à subfamília *Chenopodioideae*.

Sendo uma planta herbácea anual, pode atingir alturas de 0.2 a 3 metros, o que depende das condições ambientais e do genótipo (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001). A linhagem BRS Syetetuba atinge alturas medianas de 1,8 m, já a

linhagem BRS Piabiru, estatura média de 1,9 m (SPEHAR et al., 2011; SPEHAR; SANTOS, 2002).

A raiz é pivotante, vigorosa, profunda (atinge até 1,80 cm), bastante ramificada e fibrosa, sendo responsável pela resistência a seca e estabilidade da planta. O caule é cilíndrico, de coloração verde a roxo, com estrias. As folhas são alternadas, formadas por pecíolo e um limbo que apresenta bordos dentados, serrilhados, ou lisos. É notória a presença de grânulos de oxalato de cálcio que contribuem para a retenção de umidade e reflexão de raios solares, o que controla a temperatura foliar (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

A inflorescência ou panícula pode ser do tipo glomerulado (grupos compactos e esféricos com pedicelos curtos e muito juntos) ou do tipo laxa ou amarantiforme (quando os glomérulos são alargados e o eixo central tem numerosos ramos secundários e terciários), alcançando de 30 a 80 cm de comprimento por 5 a 30 cm de diâmetro (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

As flores são pequenas, incompletas, sésses e de mesma cor que as sépalas. Estas podem ser hermafroditas, pistiladas ou macho-estéreis. Os estames têm filamentos curtos, terminando em anteras basifixas; o estilo tem dois ou três estigmas alados (MUJICA-SANCHEZ, 1994).

Dentre os cultivares adaptados ao Cerrado até o momento, BRS Syetetuba é caracterizada por possuir hipocótilo de coloração rosa claro e BRS Piabiru por apresentar hipocótilo de coloração variável entre verde e rósea. O caule da BRS Syetetuba é verde ou verde estriado, ocorrendo plantas com caule roxo, já o da BRS Piabiru é verde, também com estrias. Como características em comum, as folhas de ambos apresentam polimorfismo e as inflorescências são amarantiformes e laxas, apresentando coloração amarela, quando a planta atinge a maturação fisiológica (SPEHAR et al., 2011; SPEHAR e SANTOS, 2002).

Apesar de serem necessários mais estudos para determinar com precisão as taxas de alogamia e autogamia, a maior parte dos genótipos têm se mostrado com autogamia predominante. Porém, a alogamia em alguns genótipos chega a atingir 10% (REA, 1969, apud RODRIGUEZ, 1978), em alguns 17%, tal como na variedade "Piartral", e até 80%, tal como na variedade "Kcancolla" (ROCHA, 2011; SILVESTRI; GIL, 2000; MUJICA-SANCHEZ et al., 2001). Spehar et al. (2011), ao analisar o desempenho do cultivar BRS Syetetuba, encontrou

variações fenotípicas relacionadas a cruzamentos naturais de frequência variável, relatando que estes podiam atingir até 30%, nas condições do planalto central brasileiro.

Uma faixa de distância entre as plantas é determinante nos índices de fecundação cruzada, sendo que esta ocorre mais frequentemente até 1 metro de distância e mais ocasionalmente a 20 metros (GANDARILLAS, 1979). Fenômenos de protandria (anteras liberando pólen antes que os estigmas estejam receptivos) e protoginia (estigma receptivo antes da liberação dos grãos de pólen) têm sido notados nos trabalhos de cruzamento, assim como outras aberrações florais como flores ginomonoicas ou em diferentes fases de formação, antese e algumas maduras e secas (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

### **2.3 Descrição da semente**

Por ser a parte colhida e utilizada na propagação, o grão é comumente chamado de “semente” (SPEHAR, 2006). As sementes dos cultivares BRS Syetetuba e BRS Piabiru são cilíndricas e achatadas, apresentando pericarpo branco (SPEHAR; SANTOS; 2002, SPEHAR et al., 2011).

O fruto, do tipo aquênio, é seco e indeiscente na maioria dos genótipos. Sua parte mais externa, o perigônio, tem um aspecto membranáceo, opaco e de cor ebúrneo, estrutura alveolar, células com as paredes finas e lisas e em uma conformação de forma poligonal-globosa (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

Em um sentido anatômico, a parte que se desenvolve e forma a planta adulta é constituída por três partes bem definidas, que são o episperma, o embrião (radícula e cotilédones) e o perisperma (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

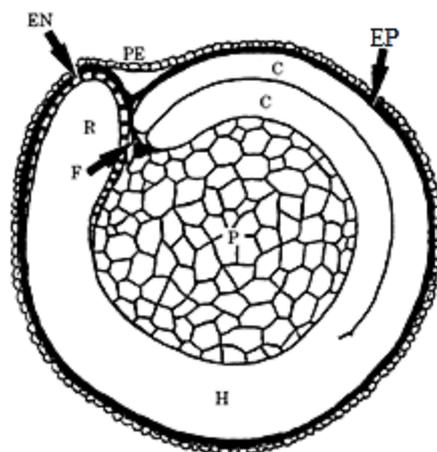


FIGURA 1: *Chenopodium quinoa*: secção mediana longitudinal do grão de quinoa (PE: pericarpo; EP: episperma, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H:hipocótilo, C: cotilédones e P: perisperma) (PREGO et al., 1998).

A distribuição das reservas da semente de quinoa mostrou uma compartimentalização que se assemelha a encontrada nas sementes de *Amaranthus hypocondricacus* (PREGO et al., 1998). O perisperma é formado por células anucleadas e sem organelas citoplasmáticas, de forma poligonal, com paredes delgadas, retas e repletas de agregados oblongados de grãos de amido em estruturas compostas e grãos de amido simples, constituindo o principal tecido de reserva (PREGO et al., 1998; MUJICA-SANCHEZ, 2001; BORGES et al., 2010).

O embrião ocupa em torno de 30% do volume total da semente, sendo composto pelo eixo hipocótilo-radícula e, geralmente, por dois ou excepcionalmente até três cotilédones (MUJICA-SANCHEZ, 2001). Em geral, as células embrionárias apresentam proteínas e lipídeos abundantes, na forma de corpos de proteína e lipídeo. Usando análise EDX dos cristais globóides das matrizes proteínicas de células do embrião, Prego et al. (1998) e Konishi et al. (2004) constataram a presença de fósforo, potássio e magnésio, sendo que seus valores não variam significativamente na comparação entre células do cotilédone e do eixo hipocótilo-radícula.

O endosperma localiza-se na região micropilar, envolvendo o eixo hipocótilo-radícula e consiste de uma camada simples ou dupla de células. No citoplasma de suas células, corpos protéicos e lipídicos ocupam o maior volume. Os cristais globóides da matriz proteica das células do endosperma também contem P, K e Mg (PREGO et al., 1998).

O episperma é formado por quatro capas, sendo que a primeira contém o glicosídeo saponina; a segunda é fina e lisa; a terceira é responsável pela coloração; e a quarta é translúcida, sendo constituída por somente uma camada de células (VILLACORTA; TALAVERA, 1976). A diferença morfológica entre as sementes com saponina e sem é a cor; as amareladas possuem maior teor, enquanto as brancas possuem menor teor ou não tem (SPEHAR, 2007).

Ambos cultivares adaptados para os cerrados foram selecionados para a ausência de saponina (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR et al., 2011). O pericarpo é composto de uma camada espessa de células que contém teores consideráveis de cálcio, potássio e fósforo (PREGO et al., 1998, KONISHI, 2004).

## **2.4 Usos e importância nutricional**

Há muitas possibilidades para se utilizar a quinoa, tanto para alimentação humana quanto animal. Dos cultivos andinos, a quinoa é o que apresenta a maior versatilidade do ponto de vista culinário; são usados o grão inteiro, cru ou torrado, a farinha e as folhas mais novas juntamente com os botões florais, que apresentam cerca de 3,3 % de proteína em matéria seca (MUJICA-SANCHEZ, 1994).

Assim, a parte superior da planta pode ser colhida e usada similarmente ao espinafre. Quando a planta atinge a fase reprodutiva, no início da diferenciação floral, os botões podem ser consumidos cozidos (SOUZA, 2013). Quando o corte é feito pouco antes da floração, em variedades tardias, a planta rebrota e ainda produz grãos (SPEHAR, 2007).

Como o amaranto e o trigo sarraceno, a quinoa é conhecida como um pseudocereal. Isso se deve ao fato de que sua composição organo-mineral é similar à dos cereais que pertencem à outra família botânica, das *Poaceae* (SPEHAR, 2007).

Rica em nutrientes, o que aparece em maior proporção no grão de quinoa são os carboidratos (54 a 64%), na forma de amido e em tamanhos de grânulos de +/- 2 µm (AHAMED et al., 1997). Este tamanho reduzido, se comparado com os grânulos presentes em grãos de milho e trigo, conferem maior estabilidade,

possibilitando o uso deste na indústria de alimentos (KOZIOL, 1990 apud SPEHAR, 2006).

O teor médio de fibras da quinoa (média de 4,1%, em um intervalo de 1,1 a 16,32%) é mais elevado do que o do arroz (0,4%), do trigo (2,7%) e do milho (1,7%) (WAHLI, 1990). O teor de cinzas também é mais elevado, em comparação aos outros cereais.

O conteúdo proteico dos grãos é elevado, quando comparado com os dos cereais. Segundo Koziol (1992), pode atingir teores de até 16,5 g/100 g de matéria fresca. Os tipos de proteína presentes em maior proporção são as albuminas e globulinas (44%), enquanto que as prolaminas estão presentes em baixas concentrações (0,5 – 0,7%) (BRINEGAR et al., 1996; JANCUROVÁ et al., 2009).

Tabela 1. Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, nos cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão da FAO.

Aminoácido	Quinoa	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Carne	Leite	Padrão FAO
Fenilalanina	4,0	5,0	4,7	4,8	5,4	4,1	1,4	6,0
Isoleucina	4,9	4,1	4,0	4,2	4,5	5,2	10,0	4,0
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	6,5	7,0
Lisina	6,0	3,8	2,9	2,6	7,0	8,7	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,7	4,0
Triptofano	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1,0
Valina	4,5	6,1	5,0	1,4	5,0	5,5	7,0	5,0

Fonte: Santos (1996).

O seu perfil de aminoácidos tem qualidade superior ao dos cereais e leguminosas em lisina e metionina, respectivamente (SANTOS, 1996), além de todos os demais aminoácidos considerados essenciais em proporção comparável ou superior ao padrão FAO (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). Por essas características, os grãos de quinoa apresentam valor biológico de 73% e sua Razão da Eficiência Protéica (PER) é semelhante a da caseína, fração protéica do leite (LOPES, 2011).

A concentração de proteína nas folhas também é considerada elevada, o que caracteriza a planta como uma ótima opção para uso forrageiro e na indústria farmacêutica (BHARGAVA et al., 2005). No uso forrageiro, apresentou-se palatável, estimulando o consumo por animais domésticos, principalmente o gado bovino (SPEHAR, 2002). Por ser uma fonte de proteína isenta de glúten,

tem grande potencial para contribuir na formulação de dietas para celíacos (SPEHAR, 2002).

Sob temperatura elevada no bioma Cerrado, o grão apresentou um maior teor de proteínas e gorduras do que o produzido no Altiplano Andino (GOMES, 1999, apud SPEHAR, 2006). Há mecanismos de ação hipoglicemiante e hipocolesterolemiante nos grãos de quinoa, provavelmente relacionados com as suas fibras alimentares, proteínas e as características do amido (LOPES, 2011).

A quinoa apresenta uma concentração elevada de ferro, superior à do feijão, duas vezes maior que a da cevada e do trigo e três vezes maior do que a do milho. Fato importante é que este ferro tem alta biodisponibilidade, o que torna a quinoa um valioso alimento complementar (KOZIOL, 1990).

Além do ferro, vários outros minerais tais como cálcio, magnésio, cobre e zinco também são encontrados em suas formas biodisponíveis. Cálcio, magnésio e potássio são encontrados em quantidades suficientes para uma dieta humana equilibrada (SCHICK; BUBENHEIM, 1996). O grão contém ainda vitaminas como; alfa-caroteno, niacina, tiamina, ácido fólico e vitamina C, dentre outras. Em comparação com alguns cereais, Koziol (1992) constatou que o teor de vitaminas da quinoa, em termos de riboflavina (B<sub>2</sub>), alfa-tocoferol (E) e caroteno, é superior aos teores do arroz, cevada e trigo.

O conteúdo de óleo no grão está em uma faixa de 1,8% a 9,5%, com média de 5,0 a 7,2% (KOZIOL, 1992). O óleo é rico em ácidos graxos essenciais, tais como o linoleico (C18:2) e o linolênico (C18:3), na proporção de 70% (DINI et al., 1992). Apesar dessas proporções, as altas concentrações de antioxidantes, tais como  $\alpha$ -tocoferol e  $\gamma$ -tocoferol, diminuem a susceptibilidade à rancificação (KOZIOL, 1993), tornando a cultura uma potencial fonte para a produção de óleo (NG et al., 2007).

As saponinas, ácido fítico, taninos e os inibidores de tripsina representam elementos antinutricionais presentes no grão (KOZIOL, 1993; SANTOS, 1996). As saponinas, glicosídeos terpenóides (RIDOUT et al., 1991), ganham destaque em pesquisas, por possuírem um sabor amargo. Devido à possível toxicidade (LOPES, 2011), representam o principal fator limitante para o uso na alimentação humana de forma direta (SPEHAR, 2002). Contudo, pode haver o interesse nesses compostos devido a suas ações inseticidas (BASU; RASTOGI, 1967), antibióticas, fungicidas, vermífugas e suas propriedades farmacológicas e

terapêuticas. Causam aumento da permeabilidade intestinal e podem ser empregadas no tratamento de artrites em cavalos (BASU; RASTOGI, 1967; AGARWAL; RASTOGI, 1974; CHANDEL; RASTOGI 1980; CHEEKE, 2002; NONAKA, 1986).

A remoção destes detergentes naturais pode ser feita por lavagem vigorosa, tratamento térmico ou abrasão (SPEHAR, 2006). A lavagem torna-se inviável industrialmente e a abrasão pode causar perdas de minerais tais como cálcio e fósforo presentes no pericarpo removido no processo. Cerca de 40% do cálcio e 10% do fósforo presentes nas camadas externas do grão podem se perder (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). Tais fatores tornam o melhoramento genético uma ferramenta essencial para a eliminação dessa característica, pois de acordo com Spehar e Santos (2002), saponinas são facilmente eliminadas por seleção.

Apesar de sua presença, a inativação ou redução dos fatores nutricionais a níveis seguros à saúde é possível quando técnicas apropriadas de processamento industrial e/ou doméstico no preparo do grão são empregadas (BORGES, 2010).

## **2.5 A cultura da quinoa nos Andes e no Brasil**

Em regiões próximas ao seu centro de origem, a cultura é amplamente adaptável, sobrevivendo em temperaturas que vão desde -8°C a 38°C e em altitudes que vão desde o nível do mar até 4000 metros acima, sendo tolerante à baixa umidade. Nessas condições, o ciclo é de 120 a 240 dias, a depender dos genótipos e das variáveis ambientais (MUJICA-SANCHEZ, 1994).

No altiplano, na costa e na zona andina o período ótimo para semeadura vai de 15 de setembro a 15 de novembro, podendo adiantar ou atrasar de acordo com a disponibilidade de água e a duração do período vegetativo dos genótipos utilizados. Há a indicação de cultivo em rotação, com uso de diferentes espécies de diferentes famílias, de acordo como o local em que a quinoa será cultivada (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

A planta é eficiente no uso da água, e produções aceitáveis são obtidas com precipitações de 100 a 200 mm nos Andes (BIODIVERSITY INTERNATIONAL et al., 2013). Segundo Mujica-Sanchez (1994), apesar de ser resistente à seca, requer umidade suficiente no início do cultivo. Por outro lado, o excesso de

umidade é prejudicial nos primeiros estádios de crescimento. Umidade do solo próxima à capacidade de campo facilitará a germinação. Solos francos, com boa drenagem e alto teor de matéria orgânica são ideais. Com relação ao pH, tolera uma faixa que vai desde 4,5 (solos ácidos em Cajamarca, Perú) até 9,5 (solos alcalinos em Uyuni, Bolívia), dependendo do genótipo (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

No Brasil, a menor exigência hídrica da cultura é fator favorável para o plantio de entressafra do Cerrado, bem como nas áreas mais altas e frias da região sul do Brasil (SPEHAR, 2007). O oxalato de cálcio presente nas folhas devido a sua propriedade de reter água é responsável por reter a umidade que se acumula na forma de orvalho durante a noite. O que seria perdido por evapotranspiração com o aumento da temperatura diurna é aproveitado pela planta (SPEHAR; SANTOS, 2002; MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

Devido às condições climáticas da região central do Brasil, a quinoa tem um bom potencial para acrescentar diversidade em sistemas rotacionados de plantio direto, como fornecedora de biomassa para proteção do solo (SPEHAR, 2007; ROCHA, 2011). Sistemas de rotação de culturas aumentam a biodiversidade dos agro-ecossistemas, reduzindo a pressão de pragas e doenças e melhorando as características físicas, químicas e biológicas dos solos (AKIBA et al., 1999).

A escolha da época de semeadura é dependente do ciclo do cultivar. Quando se cultiva BRS Piabiru, que possui ciclo longo, o plantio pode ocorrer a partir de novembro para que as plantas atinjam maturação no período em que as chuvas estejam mais escassas. A razão principal é de que a semente (fruto do tipo aquênio) perde a germinação e o vigor rapidamente em altas umidades (SPEHAR, 2006).

Nos Andes, os nutrientes utilizados pela planta são os residuais, ou seja, o que resta da rotação com cultivos anteriores (GARCIA, 1985). No Brasil, segundo Spehar (2006), os níveis adequados de nutrientes no solo que geram rendimento econômico não estão definidos e a adubação é feita com base na composição da planta. Portanto, a adubação de manutenção, no plantio deve ser baseada no fato de que um rendimento esperado de 2,5 t/ha exporta em torno de 50 kg de N, 6 kg de P, 80 kg de K, 33 kg de Ca, 20 kg de Mg, 0,6 kg de Fe, 0,2 kg de Mn e 0,07 kg de Zn.

O espaçamento e a densidade adequados influem diretamente no desempenho dos genótipos ou variedades selecionados. A distância entre fileiras ou sulcos varia de 0,20 a 0,40 m. Nos cerrados, uma densidade de 400.000 a 800.000 plantas/ha não mostrou diferença no rendimento, e isso provavelmente se explica pela alta ramificação das plantas em menores populações. Entretanto, a melhor distribuição espacial, com menor distância entre fileiras e maior entre plantas, resulta em mais rápida cobertura do terreno e maior rendimento (SPEHAR, 2006).

A senescência das plantas de cultivares adaptados ao cerrado se dá a partir do ponto em que atingem a maturidade fisiológica, o que facilita a colheita. Porém, devido ao tamanho reduzido do grão, alterações na colhedeira devem ser feitas para evitar as perdas, tais como velocidade do molinete um pouco mais rápida do que a do avanço; velocidade do cilindro de 1.000 rpm; pequena abertura do côncavo; sacapalha meio aberto; ajuste das bandejas a uma abertura de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  ou utilização de bandeja apropriada para trevo ou colza; a inclinação das persianas do ventilador devem estar entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{3}{4}$  (SPEHAR; SANTOS, 2002).

O ponto de colheita se dá com o máximo de acúmulo de matéria seca na planta e quando o teor de umidade atinge valores abaixo de 20%, o que diminui perdas na operação e na pós-colheita. Níveis superiores de umidade causam a fermentação e perda de germinação e vigor das sementes. Quando os teores de umidade são superiores a 20%, a secagem até um teor de 12% é recomendada para o armazenamento de longo prazo (SPEHAR, 2006).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREGU, C. N. El fuerte encarecimiento de la quinua la aleja de la mesa popular de los peruanos. **Jornal La República**, Lima, 04, janeiro, 2014. Disponível em <<http://www.larepublica.pe/04-01-2014/el-fuerte-encarecimiento-de-la-quinua-la-aleja-de-la-mesa-popular-de-los-peruanos>> Acesso em: 01 de Julho de 2014

AGARWAL, S.K. AND R.P. RASTOGI. Triterpenoid saponins and their genins. **Phytochemistry**, Lucknow, v.13, p. 2623-2645. 1974.

AHAMED, N.; THOUFEEK; SINGHAL, REKHA S.; KULKARNI, P. R.; PAL, M. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*. Review of the chemical composition of its edible parts. **Carbohydrates Polymers**, Göttingem, v. 31, n.8, p.99-103, Setembro, 1997.

AKIBA F; CARMO MGF; RIBEIRO RLD. As doenças infecciosas das lavouras dentro de uma visão agroecológica. **Ação Ambiental**, Viçosa, v.2, n. 5, p. 30-33. 1999.

APG II. Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n.4, p. 399-436. 2003.

BASU, N.; RASTOGI, R.P.; Triterpenoid saponins and sapogenins. **Phytochemistry** v.6: p. 1249-1270. 1967.

BHARGAVA A, RANA T.S., SHUKLA S. OHRI D, Seed protein electrophoresis of some cultivated and wild species of *Chenopodium*. **Biologiae Plantarum**, v.49, p. 505–511. 2005.

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 (*Chenopodium quinoa* Willd.) **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 9 – 23. 2010.

BIODIVERSITY INTERNATIONAL, FAO, PROINPA, INIAF e FIDA. *Descritores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. 2013. 64 p. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/018/aq658s/aq658s.pdf>> Acesso em 25 de maio de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares – RNC. / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária – SDA. Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas – DFIA. Coordenação de Sementes e Mudas – CSM, 2014.

Disponível em

<[http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)> Acesso em 16 de maio de 2014.

BRINEGAR, C.; SINE, B.; NWOKOCHA, L. High-Cysteine 2S seed storage proteins from quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 44, n.7, p.1621-1623. 1996.

CHANDEL, R.S.; R.P. RASTOGI. Triterpenoid saponins and sapogenins: 1973-1978. **Phytochemistry**, v.19, n.9, p.1889-1908. 1980.

CHEEKE, P.R. Actual and potential applications of yucca schidigera and quillaja saponaria saponins in human and animal nutrition. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, 2, 2002, Uberlândia, MG, CBNA, 2002, p. 217-229.

DIAS, G.B; UNFRIED, J.R.; GUIMARÃES, V.F.; G. FERREIRA. Avaliação da germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa*) submetidos a diferentes testes de germinação. **Informativos ABRATES**, v. 13, n.3. 2003.

DINI A.; RASTRELLI L.; SATURNINO P.; SCETTINO O. A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. **Nahrung**, v. 36, p. 400–404. 1992.

GARCIA, G. Situación actual de la quinua. In: Curso de quinua: nível técnicos. Quito, Ecuador, 1985, Estación Experimental Santa Catalina: INIAP: p. 1-8.

GANDARILLAS, H. Botanica. In: TAPIA, M.E. **Quinoay Kaniwa. Cultivos Andinos**. Serie Libros y Materiales Educativos. (ed. Tapia, M. E.), Bogotá, Colômbia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979, pp. 20–44.

GIUSTI, L. El gênero *Chenopodium* en Argentina. I. Número de cromossomas. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 16, p. 98-105, 1970.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVICOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: a review. **Czech Journal of Food Sciences** v. 27 n.2: p.71-79. 2009.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M. Distribution of Minerals in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Osaka, Japão, v. 68, n.1, p. 231-234, 2004.

KOZIOŁ, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of Quinoa. (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Composition and Analysis**, Quito, Equador, v.5, p. 35-68, 1992.

KOZIOL, M. J. Quinoa: a potential new oil crop. p. 328-336. In: J. Janick and J.E. Simon, New crops. Wiley, New York. 1993. Disponível em <[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-328.html#\\*](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-328.html#*)> Acesso em 05 de maio de 2014.

LOPES, C. de O. **Composição química e influência do consumo de farinhas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) processadas nos níveis glicêmicos e lipídêmicos de ratos wistar**. 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MAUGHAN, P., J.; BONIFÁCIO, A.; JELLEN, E., N.; STEVENS, M. R.; JARVIS, D., E.; GARDUNIA, B.W.; FAIRBANKS, D.J.; A genetic linkage map of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on AFLP, RADP and SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 109, n.6, p 1188-1195, 2004.

MUJICA-SANCHEZ, A., Andean grains and legumes In: HERNANDO BERMUJO, J. E., LEON, J. **Neglected crops: 1492 from a Different Perspective**, Rome, Italy: FAO, 1994. p 131-148.

MUJICA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P.. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento Del Presente y Futuro**. Santiago, Chile: FAO, 2001. 564 p.

NONAKA, M.; Variable sensitivity of *Trichoderma viride* to *Medicago sativa* saponins. **Phytochemistry** v. 25:p. 73-75. 1986.

NG, S.; ANDERSON, A.; COKER, J.; ONDRUS, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v. 101, n.1, p. 185-192, 2007.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization fo reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**. v. 82, p.481-488, 1998

ROCHA, J. E. S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônomicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Brasília, 2008.

ROCHA, J. E. S. **Controle genético de caracteres agrônomicos em quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. 2011 144 f. Dissertação (Tese de Doutorado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Brasília, 2011.

REA, J. 1969. Biología floral de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). In; RODRIGUEZ, R. **Determinación del porcentaje de autopolinización y cruzamientos naturales en tres variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. 1978. 86 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Facultad de Agronomía, UNAP, Puno, Perú, 1978.

RIDOUT, C.L., K.R. PRICE, M.S. DUPONT, M.L. PARKER, e FENWICK G.R.; Quinoa saponins analysis and preliminary investigations into the effects of reduction by processing. **Journal of Science of Food and Agriculture**. v. 54: p.165-176. 1991

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) nos cerrados**. 1996. 135f. (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

SILVESTRI, V.; GIL, F. Alogamia en quinua. Tasa en Mendoza (Argentina). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**. Universidad Nacional de Cuyo. v. 32 n.1. p. 71–76. 2000.

SPEHAR, C. R. Que são pseudocereais, qual sua importância e situação no Brasil? **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 27, março, 2007. Disponível em <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=45700>>. Acesso em 21 de maio de 2014.

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

SPEHAR, C. R. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. 1.ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103p.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. da S; SANTOS, R. L. B. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de Quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.41, n.1, p.145-147. 2011.

VILLACORTA, L.; TALAVERA. V. Anatomía del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Anales científicos**, Lima, Perú. v.14. n.1. p. 39-45. 1976.

## CAPÍTULO 2

### TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE QUINOA

#### Resumo

A quinoa é uma cultura de grande potencial, mas o seu cultivo ainda permanece restrito ao seu centro de origem ou a algumas outras poucas regiões no resto do planeta. O estabelecimento da quinoa como um cultivo economicamente viável em outras regiões, depende do desenvolvimento de tecnologias ao longo da cadeia produtiva, priorizando a qualidade dos insumos utilizados. Nesse ponto, a obtenção de sementes é uma vertente chave para um empreendimento bem sucedido. Por apresentar relevantes propriedades nutricionais, os trabalhos sobre quinoa em geral apresentam este enfoque, sendo escassos os trabalhos que abordam o sistema produtivo na região central do Brasil, o qual ainda é incipiente. A qualidade de sementes de quinoa tem sido pouco explorada. Neste enfoque, foi apresentada uma prospecção de como seria a produção de sementes de quinoa, utilizando-se o teste de condutividade elétrica. A adaptação ao método para avaliar o vigor, por ser rápido, prático e fácil de ser conduzido, contribui para a determinação da qualidade fisiológica das sementes. Foram avaliadas quatro diferentes tempos de embebição, três temperaturas e dois volumes de água destilada, em um esquema fatorial com quatro repetições para cada tratamento. A maior estratificação dos lotes em níveis de vigor foi obtida no tratamento de 50 mL de água destilada, a temperatura de 20°C por 4 horas de embebição.

**Palavras-chave;** *Chenopodium quinoa, condutividade elétrica, sementes, vigor, qualidade fisiológica*

## 1. Introdução

Instituições públicas de pesquisa e universidades devem desempenhar o papel essencial de gerar conhecimento e disseminar inovações tecnológicas e que previsivelmente terão um impacto positivo nas cadeias produtivas, visando um melhor aproveitamento dos recursos naturais, econômicos e sociais. Nesse sentido, o Brasil, com disponibilidade de recursos naturais favoráveis, grande extensão de terras agriculturáveis e densidade populacional, conta com essas vantagens na geração de riqueza e sua melhor distribuição. O país está atrelado a uma agricultura de baixo valor agregado, demandando muita energia e fertilizantes. Necessita investir na transformação de inteligência em retorno financeiro, ou seja, explorar mais os setores que permitem maior retorno por unidade produzida, por infra-estrutura geral implantada e área ocupada (FANTINE; ALVIM, 2007). Uma prospecção positiva para o Brasil seria a produção de culturas com melhor preço de comercialização no mercado interno e exterior. Para que isso seja possível a médio e longo prazo, é estratégico gerar conhecimento e tecnologia.

A indústria de sementes, assim como a maior parte dos elos da cadeia produtiva da quinoa no país, ainda é incipiente. Porém, a demanda por sementes tenderá a crescer na medida em que as pesquisas sobre a adaptabilidade de cultivares para o Brasil avançarem e o cultivo se tornar economicamente atrativo para os produtores.

Na conjuntura atual, uma estratégia viável para o cultivo da quinoa é a de propriedades produzirem sua própria semente, desde que o produtor seja inscrito no RENSEM e tenha seus campos de produção devidamente inscritos no órgão de fiscalização da respectiva unidade da Federação. Para os produtores enquadrados como agricultores familiares e demais casos relacionados na legislação (art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006), a multiplicação pode ser comunitária. Em ambos os casos, a assistência técnica é indispensável (SPEHAR, 2007; BRASIL, 2004).

Sementes de quinoa apresentam-se higroscópicas, suscetíveis à perda de vigor e viabilidade ainda na panícula (SOUZA, 2013; SPEHAR 2007). As condições climáticas do altiplano boliviano (menores temperaturas e umidade relativa), ao contrário das apresentadas pela região central do Brasil, permitem o

armazenamento em temperatura ambiente, em embalagens de 50 kg (MUJICA-SANCHEZ, 2001).

O armazenamento de forma adequada e seu monitoramento são essenciais no processo de produção de sementes, visto que a temperatura e umidade relativa do ar, os tipos de embalagens e a duração do armazenamento influenciam a conservação do vigor e da viabilidade das sementes (POPINIGIS, 1985).

A qualidade fisiológica de um lote de sementes tem sido caracterizada e avaliada pela sua capacidade de germinação, vigor e longevidade (BEWLEY; BLACK, 1994). Na indústria de sementes, a avaliação do vigor tem importantes implicações, tais como possibilitar o monitoramento dos padrões internos de qualidade da semente durante as várias fases de produção e processamento e identificar em quais etapas as perdas de vigor ocorrem (ISTA, 1995). Um dos testes para a avaliação do vigor é teste de condutividade elétrica, o qual possibilita obter resultados em um período rápido e adequado para a tomada de decisões, não exige muitos equipamentos e treinamento de pessoal. Apesar de não haver uma demanda de quinoa que desperte o interesse da indústria de sementes, a determinação de metodologia para o teste poderá auxiliar na seleção e obtenção de cultivares. O monitoramento da qualidade deverá contribuir ainda na produção de sementes, definindo as condições de armazenamento para manter a qualidade na propagação de quinoa.

## **2. Objetivos**

O objetivo do presente capítulo foi determinar o melhor e mais sensível tratamento para ser usado no teste de condutividade elétrica em sementes de quinoa, e assim contribuir para futuras análises para tomadas de decisões em empresas produtoras de sementes e em trabalhos científicos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O processo de germinação e emergência em *Chenopodium quinoa*

A germinação não é um processo bem definido teoricamente. Há diferenças entre o conceito do ponto de vista fisiológico e do ponto de vista tecnológico. Do ponto de vista fisiológico, o processo se encerra com a protrusão da raiz primária, oriunda da radícula do embrião. Sob o ponto de vista tecnológico, mais importante do ponto de vista comercial, a emissão da raiz primária não é suficiente para avaliar o potencial de estabelecimento da plântula em campo, o que significa o desenvolvimento da estrutura embrionária e de suas partes constituintes (MARCOS FILHO, 2005).

Contudo, há o consenso de que a retomada das atividades de crescimento seja em sementes quiescentes ou dormentes, e a embebição são processos requeridos de forma imprescindível durante a germinação, apesar de haver variações no grau de detalhamento e tipo de enfoque nas abordagens feitas por diferentes autores (MARCOS FILHO, 2005).

Inicialmente, a água é essencial porque os tecidos estão desidratados, sendo fundamental para a atividade enzimática, para a solubilização e transporte das reservas e como reagente em si, para a digestão das substâncias armazenadas na semente (DANTAS et al., 2008).

Em sementes de quinoa, há uma camada de ar que separa as células endospermáticas das embrionárias. Esse vazão é suprimido quando a semente se hidrata, o que leva ao rápido consumo do conteúdo das células endospermáticas pelo embrião (GALLARDO et al., 1997). O endosperma representa uma proteção adicional para o embrião, sendo rompido na germinação. Nessas sementes, essa estrutura também pode desempenhar um papel importante no controle do processo germinativo, fato que carece de maiores investigações (PREGO et al., 1998).

A profundidade de semeadura direta não deve passar de 2,0 cm, devido ao tamanho da semente (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001; SPEHAR, 2007). As sementes de quinoa germinam em solos com alta salinidade. Ao germinar, a primeira estrutura que se alarga é a radícula, dando lugar a raiz, que pode alcançar até 1,8 m de profundidade, em condições de seca (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

Classificada como dicotiledônea, o processo de emergência de *Chenopodium quinoa* inicia quando a plântula estende suas duas folhas cotiledonares, o que ocorre sete a dez dias após a sementeira. As folhas cotiledonares recém emergidas são ainda protegidas pelo episperma (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001).

### **3.2 Produção de sementes**

Sementes de alta qualidade são resultado de procedimentos fundamentais como a escolha da região produtora, o estabelecimento de um plano de sucessão de culturas e de manejo da área e o uso de sementes básicas de qualidade e com origem comprovada. Ademais, a colheita, a secagem, o beneficiamento, o armazenamento, o transporte do produto e o controle de qualidade durante todas as etapas de produção, devem ser executados com nível tecnológico correspondente a produção de materiais de propagação com desempenho diferenciado (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade na produção comercial de sementes de quinoa deve considerar todos os seus atributos, ou seja, um lote de alta qualidade e que resultará em um stand esperado deve demonstrar qualidade fisiológica, física, genética e sanitária (MARCOS FILHO, 2005).

No caso da quinoa, um aspecto que deve ser levado em conta é a sua taxa de polinização natural ou alogamia. Ainda que a autogamia seja predominante na maioria dos genótipos, a taxa de alogamia é variável e pode afetar a pureza varietal caso cultivares ou linhagens com ciclos semelhantes sejam multiplicadas lado a lado (SPEHAR, 2006).

Os campos para este fim devem ser diferenciados dos destinados a produção de grãos, com isolamento físico no tempo ou plantio intercalado com outras espécies cultivadas como amaranto, sorgo, girassol, kenaf; a distância mínima de, pelo menos 1000 m (SPEHAR, 2007).

Para a produção das sementes de quinoa, é essencial monitorar a umidade na época de colheita, pois as camadas externas do grão apresentam porosidade considerável e realizam trocas com o meio, perdendo e ganhando umidade facilmente (SPEHAR, 2007).

Com relação ao armazenamento, as sementes são consideradas ortodoxas (ELLIS et al., 1998, apud CASTELLIÓN, 2010). Por ser uma semente amilácea (teor de amido de 51 a 61%), pode ser armazenada por maior tempo do que as oleaginosas sem perdas consideráveis de germinação (LINDEBOOM, 2005; MARCOS FILHO, 2005). Porém, quando comparada aos cereais, a sua perda de viabilidade é mais rápida, pois a porosidade da fina camada externa das sementes proporciona a perda ou ganho de umidade com facilidade, e o processo de germinação pode iniciar ainda na panícula. Esse, quando interrompido, causa danos com perda de germinação e vigor (SOUZA, 2013; SPEHAR, 2007).

Nesse sentido, em trabalho pioneiro, Souza (2013) estudou a qualidade fisiológica de sementes de quinoa armazenadas em diferentes ambientes e embalagens, permitindo concluir que a temperatura é mais influente do que a umidade relativa na manutenção da qualidade durante o armazenamento; embalagens impermeáveis e sob baixa temperatura (4,4°C) auxiliaram a manter a qualidade fisiológica e que as sementes mantidas em embalagens impermeáveis ou semipermeáveis permaneceram viáveis durante 180 dias de armazenamento.

As sementes originárias de campo de produção devem apresentar germinação superior a 80%. O fator de multiplicação é uma vantagem para a produção de sementes, ou seja, como o consumo (quantidade de sementes/ha) é baixo, uma pequena área cultivada pode ser suficiente para produzir sementes com qualidade e baixo custo para o plantio de área 200 vezes maior na safra subsequente (SPEHAR, 2007).

Apesar de não haverem relatos de fungos transmitidos por sementes no cultivo de quinoa no Brasil, as condições fitossanitárias das sementes devem ser mantidas, pois alguns experimentos mostraram a associação de alguns organismos que podem ser patogênicos às plântulas e causarem danos à cultura (ROCHA, 2008). Houve também a constatação de ataques de gorgulho do trigo (*Sitophilus granarius*) e da traça-dos-cereais (*Ephestia kuehniella* e *Plodia interpunctella*) após a colheita (SPEHAR et al., 2011).

### 3.3 Qualidade de sementes

A qualidade de um lote de sementes é um parâmetro composto pelos atributos de natureza genética, física, fisiológica e de sanidade. Dentre esses atributos, sob a ótica do produtor e da pesquisa, o potencial fisiológico é o que ganha maior destaque, pois em conjunto com condições ambientais favoráveis e manejo adequado, influencia diretamente o estabelecimento do estande, permitindo uma primeira oportunidade para avaliar *in loco* o desempenho das sementes adquiridas (MARCOS FILHO, 2005). A qualidade fisiológica da semente é a sua capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizada pela sua germinação, seu vigor e sua longevidade (POPINIGS, 1985; MARCOS FILHO, 2005).

Ainda não há um consenso a cerca da melhor definição sobre vigor. Contudo, a concepção de seu conceito surgiu a partir da necessidade de correlacionar a germinação obtida em condições ideais de laboratório e a emergência em campo, sob condições menos favoráveis (MARCOS FILHO, 2005). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), a definição da *International Seed Testing Association* – ISTA é a mais correta; “vigor de sementes é a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividades e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência das plântulas”.

Apesar de ficar restrito às fases de semeadura e emergência, percebe-se que a idéia é ampla, pois vários níveis de vigor das sementes podem proporcionar atividade e desempenho variáveis. As variações ocorrem desde o extremo muito baixo (quando as sementes estão próximas de morrer) a muito alto (recém colhidas e produzidas sob boas condições) (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O vigor está diretamente relacionado ao estado de deterioração em que a semente se encontra, pois o máximo de vigor é aquele de mínima deterioração (DELOUCHE, 1968), reunindo um conjunto de características que poderiam ser consideradas como atributos independentes, como a velocidade de germinação, o crescimento de plântulas e a habilidade para germinar sob temperaturas subótimas, dentre outros que podem influenciar a acumulação de matéria seca,

e assim afetar o rendimento (MARCOS FILHO, 2005; KOLCHINSKI et al., 2005).

A deterioração tem início com a degradação de membranas, seguida por danos nos mecanismos de síntese e energia, respiração e biossíntese e tem como resultados reduções da taxa de germinação, do potencial de armazenamento, da taxa de crescimento e desenvolvimento, da uniformidade, da resistência da planta, da produtividade, da emergência da plântula em campo e aumento da quantidade de plântulas anormais (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

A relação entre vigor e produtividade ainda não está bem definida. Alguns autores associam que a influência do vigor se dá de acordo com o estágio em que a cultura é colhida (TEKRONY; EGLI, 1991) sendo que o crescimento inicial das culturas é mais fortemente afetado e esse efeito se atenua com a sua evolução (TEKRONY et al., 1989).

Utilizando plantas de trigo, Khah et al. (1989) observaram que plantas resultantes de sementes mais vigorosas apresentaram maiores taxas de crescimento no período inicial até sete semanas da emergência, sendo essa vantagem inicial decisiva para que estas plantas alcançassem maior rendimento final de grãos, em comparação com as provenientes de sementes menos vigorosas.

### **3.4 Testes para a avaliação do potencial fisiológico de sementes**

Os testes que visam atestar quais lotes terão maior probabilidade de sucesso em condições de campo avaliam o potencial fisiológico das sementes. Dentre os que consideram as condições favoráveis do ambiente estão os testes de germinação e tetrazólio (MARCOS FILHO, 2005).

O teste de germinação é rotineiramente utilizado em laboratórios de análise de sementes. O teste busca proporcionar a máxima germinação sob condições ótimas, considerando limites de tempo e condições pré-determinados pelas Regras de Análise de Sementes. A sua utilidade está no fato de que estabelece um limite para o desempenho do lote, após a semeadura. Uma desvantagem é o tempo total para a obtenção de resultados, o que dificulta a tomada de decisão no processo produtivo (MARCOS FILHO, 2005; BRASIL, 2009).

O teste de tetrazólio, apresenta maior agilidade na estimativa da viabilidade e vigor das sementes. É baseado na alteração da coloração de tecidos vivos em presença de uma solução de cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio, correspondente a atividade do sistema das enzimas desidrogenases, intimamente relacionado à viabilidade das sementes. Como carece de análises visuais, o resultado do teste é dependente do treinamento do analista (MARCOS FILHO, 2005).

Apesar de os resultados do teste de tetrazólio serem obtidos em um intervalo de tempo menor do que o do teste de germinação (24 horas), esse intervalo ainda é considerado grande para uma tomada de decisão eficiente pela indústria (MARCOS FILHO, 2005).

Pesquisas posteriores confirmaram que é possível reduzir o tempo de pré-condicionamento das sementes de soja em algo em torno de 6 a 8 horas, desde que as sementes atingissem um grau de umidade mínimo de 30%, o que ocasionaria uma redução de, no mínimo, dez horas no período necessário para a condução do teste (MARCOS FILHO, 1994; COSTA et al., 1999).

Lotes com alta homogeneidade podem ser analisados de forma eficiente pelo teste de germinação, o qual fornece condições ideais. Porém, o desempenho de lotes em nível de campo, com grau elevado de heterogeneidade, somente pode ser estimado pelos testes de vigor (LOPES et al., 2002).

#### **3.4.1 Testes para avaliação de vigor.**

Os testes de vigor vêm sendo incluídos na rotina de empresas produtoras de sementes e de instituições oficiais, visando o controle de qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 2005).

Isely (1967) foi o primeiro autor a classificar os testes de avaliação de vigor, separando-os em diretos e indiretos (MARCOS FILHO, 2005; POPINGS, 1985). Essa proposta se revelou inconsistente posteriormente, pois novos testes de vigor surgiram (MARCOS FILHO, 2005). A classificação aceita, mais precisa e que não vem se tornando desatualizada é a de McDonald (1975), em que os testes são distribuídos em testes físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência ao estresse.

Por ser um componente complexo, o vigor de uma semente deve ser analisado a partir do resultado de vários testes e que enfoquem diferentes aspectos; bioquímicos, fisiológicos e de resistência ao estresse, tornando mais eficiente a estimativa do comportamento das sementes. É importante enfatizar que os resultados dos testes de vigor só são úteis quando utilizados em comparação com os resultados de testes feitos com outra amostra da mesma espécie e cultivar (MARCOS FILHO, 2005).

A principal função dos testes de vigor é indicar diferenças de desempenho entre lotes de sementes durante o armazenamento ou em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Os testes físicos consideram aspectos morfológicos ou características físicas que podem estar associadas ao vigor. Porém, estes são relativamente subjetivos (dependente da análise visual) e influenciados pelas variações de genótipo. Os fisiológicos monitoram atividades fisiológicas que dependem do vigor para acontecer. Alterações bioquímicas associadas ao vigor são detectadas pelos testes bioquímicos. O desempenho de sementes expostas a condições desfavoráveis é aferido pelos testes de resistência ao estresse (MARCOS FILHO; 2005).

O teste de envelhecimento acelerado e o teste de frio são considerados de resistência ao estresse e existem grandes evidências de que dentro de um mesmo laboratório mostrem um alto grau de padronização e reprodutibilidade em relação às metodologias, bem como na interpretação dos resultados obtidos (PESKE, 2003; MARCOS FILHO, 2005).

Dentre os testes bioquímicos recomendados para a avaliação do vigor das sementes, o de condutividade elétrica e o de lixiviação de potássio têm se destacado em função de sua eficiência, possibilidade de padronização ou necessidade de pequenos ajustes para aprimoramento. O teste de lixiviação de potássio difere do de condutividade elétrica por fazer uso do fotômetro de chama e por ser mais rápido. Porém, é um teste desenvolvido recentemente, e que precisa de mais padronização em relação ao de condutividade (MARCOS FILHO, 2005).

Contudo, não basta aos testes de vigor apresentar possibilidade de padronização de metodologia e dos resultados. Vários autores são unânimes em afirmar que os testes devem apresentar características tais como:

reprodutibilidade dos resultados, interpretação e correlação com a emergência sob certas condições, rapidez, objetividade, simplicidade e viabilidade econômica (PESKE, 2003).

### **3.5 Desestruturas de membranas e deterioração das sementes**

Durante as fases finais do ciclo fenológico, após atingir o ponto de maturidade fisiológica e iniciar a secagem, característica do ponto ideal de colheita, um processo de desorganização estrutural temporário das membranas é iniciado (SIMON; RAJA HARUN, 1972). Quanto menor for o teor de água da semente, maior é o nível de desorganização dessa estrutura (BEWLEY, 1986).

As estruturas subcelulares são organizadas em membranas celulares seletivas, que possibilitam que uma série de reações químicas ocorra no meio intracelular. Algumas funções celulares altamente especializadas só são realizadas graças à compartimentalização das organelas em que ocorrem, como a replicação de DNA e a síntese de RNA-m no núcleo de células eucariontes, a síntese e transporte de proteínas no retículo endoplasmático e complexo de Golgi e as reações oxidativas com a utilização de O<sub>2</sub> nas mitocôndrias (VIEIRA et al., 1991). Os componentes protéicos e lipídicos das membranas sofrem oxidação e danos durante o envelhecimento, tornando esse constituinte celular um sítio preferencial de injúria (SUN; LEOPOLD, 1995).

A permeabilidade seletiva das membranas é recuperada a partir do momento em que a reestruturação dessas é iniciada, a partir da embebição. Nesse momento, há a liberação de eletrólitos. Essa quantidade liberada está relacionada com a integridade das membranas. Lotes que apresentem maiores quantidades de eletrólitos lixiviados, tendem a apresentar menor vigor. (VIEIRA, 1994; HAMPTON; TEKRONY, 1995; VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001). Geralmente, essas sementes apresentam dificuldade para recuperar a integridade da membrana, o que resulta na aferição de valores altos de condutividade elétrica na solução de embebição (DESAI et al., 1997).

Dentre os eletrólitos liberados estão os carboidratos, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas e íons K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>,

Na<sup>+</sup> e Mn<sup>2+</sup> (CUSTÓDIO; MARCOS FILHO, 1997; FESSEL et al., 2006; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007).

### 3.6 O teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica tem as características de ser rápido, prático e fácil de ser conduzido para determinação do vigor de sementes, não necessitando de muitos equipamentos e treinamento pessoal. É recomendado pela ISTA, e a Associação Oficial de Analistas de Sementes como um dos mais convenientes no momento (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; PERRY, 1981; AOSA, 1983).

A princípio, há dois sistemas de condução do teste; o de condutividade massa e o individual, sendo este último realizado com aparelho que analisa individualmente a qualidade das sementes. O individual vem apresentando problemas em sua utilização rotineira, como a não estratificação eficiente dos lotes em níveis de vigor (HEPBURN et al., 1984; HOPPER; HINTON, 1997).

As leituras no condutímetro são dadas em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , submúltiplo da unidade Siemens por metro (S/m), padrão do Sistema Internacional de Unidades que expressa a propriedade de uma solução aquosa conduzir uma corrente elétrica devido a presença de íons. A condutividade elétrica é uma propriedade que depende expressivamente da temperatura (PINTO, 2007).

A metodologia empregada no teste influencia os resultados, visto que há diversas variáveis inerentes. Destacam-se o genótipo, o grau de umidade, o tamanho e a condição fisiológica das sementes, o volume de água, a precisão do condutímetro, o tratamento químico da semente, o tamanho das amostras, o período de embebição e a temperatura durante a embebição (MARCOS FILHO, 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

O tamanho das sementes influi no período de duração do teste. Para as sementes de hortaliças, a lixiviação máxima pode ocorrer num período inferior a duas horas (MURPHY; NOLAND, 1982). Tao (1978) mencionou que este fato ocorre devido à grande superfície por unidade de peso nas sementes pequenas. Contrariamente, em estudos com sementes de tamanho maior, como as de soja, de ervilha e de milho tem sido observados aumentos da lixiviação até 24-30

horas após o início da embebição (LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON; TEKRONY, 1995; BRUGGINK, 1991).

Avaliando o potencial do teste para determinação do vigor em sementes de repolho, Loomis e Smith (1980) verificaram que a condutividade pode ser medida após quatro horas de embebição das sementes. Esse período de embebição foi suficiente para alface (GUIMARÃES et al., 1993), maxixe (TORRES et al., 1998) e quiabo (DIAS et al., 1998).

Buscando reduzir o efeito do tamanho da semente nos resultados, Tao (1978) e Loeffler et al. (1988), em estudos conduzidos com soja, sugeriram que os resultados expressos em base de peso ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) foram eficientes nesse sentido. Porém, não é possível assegurar que tal procedimento elimine o problema por completo (VIEIRA, 1994).

Visando atender as necessidades da indústria de sementes, há uma tendência em buscar a redução do tempo de embebição empregado no teste, o que já foi comprovado quando há uma grande diferença de vigor entre os lotes analisados, como para soja, com uma redução do período para 4 a 8 horas. Já quando outros testes de vigor indicam uma pequena diferença desta característica entre os lotes, períodos a partir de 16 horas mostram-se mais sensíveis para detectar as variações de vigor em soja (MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996).

A temperatura é uma variável que afeta a velocidade de absorção de água pelas sementes e de liberação de eletrólitos do interior das células para o meio externo (LEOPOLD, 1980; MURPHY; NOLAND, 1982) e, posteriormente, a viscosidade da solução de íons. A diminuição na temperatura causa aumento da viscosidade, decréscimo na mobilidade de íons e redução dos valores de condutividade, enquanto que o aumento na temperatura causa dissociação dos íons, diminuindo a viscosidade e resultando em aumento dos valores de CE (LOEFFLER, 1981).

Loeffler et al. (1988) constataram que uma variação de 5°C na temperatura da água alterava consideravelmente os resultados, recomendando portanto, que o total de amostras que fosse retirado da câmara, não fosse superior ao total para análise em um período de 15 minutos.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento**

Os testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília- UnB, no primeiro semestre de 2014.

### **4.2 Lotes de Sementes Utilizados**

Os lotes de semente utilizados foram originados de plantios do cultivar BRS Syetetuba na Estação Biológica da Universidade de Brasília, e conservados a temperaturas em torno de 8 a 10°C.

### **4.3 Avaliações da qualidade fisiológica das sementes**

#### **4.3.1 Teste padrão de germinação (TPG)**

Foram formadas quatro repetições de 50 sementes por lote e distribuídas sobre duas folhas de papel germitest, umedecidas com água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas no interior de caixa de plástico transparente (caixas gerbox). Após a semeadura, as caixas foram tampadas e mantidas em câmara de germinação a 25 °C (DIAS et al., 2003). As avaliações foram efetuadas no décimo dia, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **4.3.2 Teor de água (TA)**

A determinação do teor de água foi realizada pelo método da estufa a 105±3 °C, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 1992), utilizando-se duas subamostras de 2 gramas para cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida) por lote.

#### **4.4 Testes de Vigor**

O vigor das sementes foi determinado através dos seguintes testes:

##### **4.4.1 Primeira contagem (PC)**

O teste de primeira contagem foi realizado conjuntamente com o teste padrão de germinação. Avaliou-se a porcentagem de plântulas normais no sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

##### **4.4.2 Comprimento de plântulas (CP)**

Quatro repetições de 10 sementes foram colocadas em caixas gerbox, com papel germitest e água em proporção de 2,5 vezes o seu peso. As plântulas resultantes tiveram a parte aérea mensurada com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo o valor expresso em cm/plântula (NAKAGAWA, 1999).

##### **4.4.3 Massa Verde de Plântulas (MV)**

A massa verde de plântulas foi aferida através da pesagem em balança de precisão de 0,001g das amostras resultantes do experimento de comprimento de plântulas. O peso obtido foi dividido pelo número de plântulas que compunha a subamostra, obtendo-se o peso médio da matéria seca por plântula.

##### **4.4.4 Massa Seca de Plântulas (MS)**

Após a obtenção do peso de matéria verde das plântulas, o material de cada subamostra foi colocado em crisóis e levados para estufa com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de 60 – 65°C por 24 horas e depois levado para dessecador com sílica e lá permanecendo até atingir peso constante. O material seco foi pesado individualmente em balança com precisão de 0,001g. O peso

obtido foi dividido pelo número de plântulas que compunha a subamostra, obtendo-se o peso médio da matéria seca por plântula.

#### **4.4.5 Emergência de plântulas (EP)**

O teste de emergência de plântulas foi realizado a partir da seleção de quatro subamostras de 50 sementes de cada um dos lotes. Foram semeadas em caixas de areia com sulcos de 1,5 a 2 cm de profundidade e 12 cm de comprimento. O substrato foi irrigado por microaspersão diariamente. A avaliação da emergência foi feita dez dias após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (NAKAGAWA, 1999).

#### **4.4.6 Teste de Condutividade Elétrica**

Foram estudadas variações no período de embebição (2, 4, 6 e 8 horas), nas temperaturas (25, 20 e 30°C) e nos volumes (75 e 50 mL). Foram retiradas amostras de 50 sementes da porção de sementes puras de cada lote, para cada tratamento. As repetições, acondicionadas em copos de plástico descartáveis, com capacidade para 200 mL, foram pesadas com balança de precisão de três casas decimais e colocadas para embeber com água destilada de acordo com cada tratamento. Os valores de condutividade foram aferidos com aparelho condutivímetro GEHAKA CG 1800 e os valores expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de sementes.

#### **4.5 Delineamento e Análise Estatística dos Testes**

A análise de variância foi realizada e os valores expressos em porcentagem (TPG., PC, EC e TA), foram transformados em  $\arcsen\sqrt{x/100}$ , para a homogeneização das variâncias dos erros experimentais. Os valores apresentados nas tabelas são referentes aos dados originais. A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram obtidos com auxílio do Software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

#### **4.6 Análise estatística do teste de condutividade**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados obtidos nos testes de condutividade elétrica foram analisados no esquema fatorial (3 lotes x 4 períodos de embebição x 3 temperaturas x 2 volumes), realizando-se a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para os testes de germinação e vigor dos diferentes lotes de sementes de quinoa encontram-se na Tabela 1. Nota-se que houve diferença significativa para os lotes em relação à germinação, a primeira contagem, comprimento de plântulas e massa verde de plântulas. Para massa seca de plântulas e emergência em campo, os lotes de sementes de quinoa não apresentaram diferença significativa.

**Tabela 1.**Resumo da análise de variância para os testes de germinação (TPG), primeira contagem (PC), comprimento de plântulas (CP), massa verde de plântulas (MV), massa seca de plântula (MS) e emergência em campo (EC), para os três lotes de sementes de quinoa.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados médios					
		TPG (%)	PC (%)	CP (cm.plânt. <sup>-1</sup> )	MV (g.plânt. <sup>-1</sup> )	MS (g.plânt. <sup>-1</sup> )	EC (%)
Lotes	2	182,790*	174,044*	7,62*	0,000025*	1,54.10 <sup>-8ns</sup>	73,602 <sup>ns</sup>
Erro	9	35,11	28,962	1,48	0,000004	4,6.10 <sup>-8</sup>	32,889
C.V. (%)		9,34	8,51	16,38	20,89	20,63	13,51

\*Significativo a 5%de probabilidade pelo teste F e ns não significativo.

De acordo com a Tabela 2, pode-se notar que o teor de água das sementes foi aproximado entre os lotes estudados, com variação de até 0,7 pontos percentuais, ficando dentro da amplitude máxima aceita, que é de 1 a 2 pontos percentuais. Desta forma, o teor de água não influencia os outros testes empregados. Tal constatação é relevante para a execução dos testes, pois a uniformidade do teor de água inicial das sementes contribui para obtenção de resultados consistentes (LOEFFLER et al., 1988, MARCOS FILHO, 1999).

**Tabela 2.** Teor de água (TA), teste de germinação (TPG), primeira contagem da germinação (1° C), comprimento de plântulas (CP), massa seca de plântulas (MS), massa verde de plântulas (MV), emergência de plântulas em campo (EC) de quatro lotes de sementes de quinoa.

Lote	TA (%)	TPG (%)	1C (%)	CP (cm.plântula <sup>-1</sup> )	MV (g.plântula <sup>-1</sup> )	MS (g.plântula <sup>-1</sup> )	EC (%)
1	10,9	85,5 a	85,5 a	7,75ab	0,010133ab	0,001005a	54a
2	11,6	68,0 b	68,0 b	8,62a	0,011630a	0,001110a	43a
7	11,3	83,5 ab	83,0 a	5,91 b	0,006760b	0,001000a	40a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelo teste de germinação (Tabela 2), foi possível observar que os lotes 1 e 7, apesar de haver diferença estatística entre eles, apresentavam porcentagem de germinação semelhante, sendo observados valores acima de 80% em ambos. A análise permitiu distinguir o lote 1 como o de melhor média, seguido pelo lote 7 e pelo lote 2, que teve desempenho inferior aos demais.

O potencial germinativo semelhante dos lotes, de acordo com Marcos Filho e Novembre (2009), é essencial para averiguar se o teste de condutividade será sensível para separar os lotes em diferentes níveis de vigor. Caso os lotes apresentem diferenças muito acentuadas na porcentagem de germinação, os próprios resultados do teste de germinação poderão distinguir os diferentes potenciais fisiológicos das sementes.

Na avaliação do vigor das sementes pela primeira contagem do teste de germinação (Tabela 2), não houve diferença estatística entre os lotes com potencial germinativo acima de 80% (lotes 1 e 7), sendo estes resultados obtidos em função das condições ótimas encontradas no teste de germinação. O lote 2 apresentou vigor inferior aos demais lotes quando avaliado pela primeira contagem do teste de germinação. No entanto, em relação aos testes de vigor baseados nas características da plântula (comprimento, massa seca e massa verde), verificou-se que o lote 2 apresentou vigor superior aos demais, seguido pelo lote 1, e pelo lote 7, com o menor vigor.

Analisando a interferência das condições de campo no estabelecimento das plântulas, através do teste de emergência (Tabela 2), os lotes apresentaram médias estatisticamente similares.

Em relação à análise de variância para a condutividade elétrica (Tabela 3), pode-se notar que os lotes apresentaram diferença significativa em relação à condutividade elétrica, à temperatura, ao volume de água e ao tempo de embebição das sementes de quinoa, independentemente das interações. Em relação às combinações dos tratamentos, a de maior nível foi significativa, assim foi possível avaliar a interação entre os três lotes, as duas temperaturas, os dois volumes e os quatro tempos de embebição.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para condutividade elétrica de 3 lotes de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), submetidas a diferentes volumes de água, temperatura e tempo de embebição.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado médio
Lotes (A)	2	79360,791594**
Temperatura (B)	2	5735,437428**
Volume (C)	1	916286,440258**
Tempo (D)	3	54775,798403**
A x B	4	245,68989 <sup>ns</sup>
A x C	2	8140,286083 *
A x D	6	830,915380 ns
B x C	2	356,8782 ns
B x D	6	2060,607160 **
C x D	3	3782,212037 <sup>ns</sup>
A x B x C	4	1930,363356 **
A x B x D	12	1544,540721 **
A x C x D	6	1028,799283 ns
B x C x B	6	2199,158805 **
A x B x C x D	12	2190,012484**
C.V. (%)	7,62	

\*Significativo a 5% e ns não significativo e \*\* significativo a 1%, de probabilidade pelo teste F.

Os resultados do teste de condutividade elétrica, envolvendo as combinações de volume de água e temperatura, nos diferentes períodos de embebição estão apresentados nas Tabelas 4 e 5.

De maneira geral, independente do volume e da temperatura, os valores da condutividade elétrica aumentaram durante a embebição, corroborando com resultados encontrados por Vidigal et al., 2008; Torres et al., 2009; Dias et al., 2006 e Dutra et al., 2006. Verificou-se também que no volume de 50 mL, independente da temperatura e do período de embebição, a concentração de lixiviados foi consideravelmente maior que no volume de 75 mL, fato este ocasionado pela redução do conteúdo de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Dutra e Vieira, (2006) e por Vidigal et al., (2008). Assim, as diferenças dos lotes foram maiores no volume de 50mL, do que os encontrados no volume de 75mL, onde houve distinção de pelo menos dois níveis de vigor em todas as temperaturas e períodos de embebição (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 4.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) de sementes de quinoa, com volume de água de 50mL.

<b>Temperatura 20°C</b>				
Lotes	Períodos de Embebição (horas)			
	2	4	6	8
1	334,9 b	339,0 b	335,8 a	361,5 ab
2	268,6 a	271,6 a	318,4 a	338,1 a
7	353,1 b	396,0 c	387,9 b	389,8 b
CV %	14,4	17,2	9,5	10,4
<b>Temperatura 25°C</b>				
1	302,3 a	339,4 b	325,5 a	420,6 b
2	271,5 a	292,7 a	385,9 b	382,8 a
7	351,8 b	375,7 b	391,6 b	441,0 b
CV%	15,8	13,0	11,7	8,0
<b>Temperatura 30°C</b>				
1	358,8 b	358,8 b	351,8 a	454,3 b
2	297,4 a	297,4 a	337,7 a	318,1 a
7	321,9 ab	321,8 ab	399,3 b	471,8 b
CV%	8,7	6,1	13,2	17,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de condutividade elétrica mostraram, de modo geral, tanto no volume de 50mL quanto no de 75mL, que o lote 2 foi o mais vigoroso, seguido pelo lote 1, sendo o lote 7 o de vigor inferior, concordando com os resultados encontrados no comprimento, massa seca e massa verde de plântulas.

**Tabela 5.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) de sementes de quinoa, com volume de água de 75 mL.

<b>Temperatura 20°C</b>				
Lotes	Períodos de embebição (horas)			
	2	4	6	8
1	218,9 a	236,4 b	247,4 b	262,5 a
2	201,9 a	197,3 a	202,1 a	235,1 a
7	234,8 a	230,6 ab	257,9 b	267,1 a
CV %	9,1	9,7	11,9	7,9
<b>Temperatura 25°C</b>				
1	216,3 a	225,4 a	370,6 b	305,6 a
2	211,1 a	215,8 a	210,9 a	221,8 b
7	247,9 a	207,1 a	264,8 b	305,6 b
CV%	8,6	6,1	13,3	17,2
<b>Temperatura 30°C</b>				
1	208,1 ab	232,5 ab	255,9 ab	266,9 a
2	193,4 a	226, 2 a	238,9 a	253,6 a
7	239,3 b	264,4 b	281,3 b	274,8 a
CV%	10,1	7,6	9,5	6,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os únicos tratamentos onde a condutividade elétrica não foi capaz de estratificar os lotes foram quando se utilizou 75 mL de água, por 2 horas a 20 e 25°C; por 4 horas a 25°C; por 8 horas de embebição, nas temperaturas de 20 e 30°C (Tabela 5). Além dos solutos ficarem mais dissolvidos a 75 mL do que em 50 mL, após 6 horas de embebição nestas condições, pode ter ocorrido o vazamento de solutos das diferentes células por difusão passiva durante os estádios iniciais de hidratação das membranas, que pode ocorrer de forma mais rápida ou mais lenta, dependendo do sistema de reorganização da dupla camada lipídica. Resultados semelhantes foram encontrados por Vidigal et al.,

(2006) para sementes de pimenta, onde após 6 horas de embebição não houve diferença entre os lotes.

Independente do volume de água avaliado, a temperatura de 20°C foi a que permitiu melhor ordenação dos lotes em relação ao vigor. Para Hampton e TeKrony (1995), a temperatura de 20°C ainda é a mais utilizada para o teste de condutividade elétrica.

A única combinação em que foi possível identificar claramente três níveis de vigor foi resultante da utilização de 50 mL de água na temperatura de 20°C por 4 horas de embebição. A significativa redução no período de embebição em relação ao período de 24 horas, utilizados para os testes de condutividade elétrica para sementes de soja e ervilha (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; HAMPTON; TEKRONY, 1995) é altamente vantajosa, pois assim há maior otimização do tempo gasto na obtenção e avaliação dos resultados. Reduções no tempo de embebição também foram encontradas para sementes de feijão mungo-verde (ARAÚJO et al., 2011); de pimenta (VIDIGAL et al., 2008); de abobrinha (DUTRA et al., 2006); de soja (DIAS; MARCOS FILHO, 2006); de amendoim (VANZOLINE; NAKAGAWA, 2005) e para tomate (RODO et al., 1998).

## **6. CONCLUSÃO**

No teste de condutividade elétrica para sementes de quinoa, a melhor estratificação dos lotes em níveis diferentes de vigor foi obtida quando se utilizou 50 mL de água destilada, na temperatura de 20°C por 4 horas de embebição.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALISTS. **Seed vigour testing handbook**. Contribution n° 32 to the handbook on seed testing. Zurich: AOSA, 1983. 88p.

ARAÚJO, R.F.; ZONTAM, J.B.; ARAÚJO, E.F.; HEBERLE, E.; ZONTA, F.M.G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.1, p. 123 - 130, 2011.

BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration storage. In: McDONALD JR., M.B.; NELSON, C.J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, p. 27-45. 1986.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 443p..

BRASIL. Decreto N° 5.153 de 23 de Julho de 2004. Aprova o Regulamento da Lei N° 10.711 de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas SNSM, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5153.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5153.htm)> Acesso em 22 de junho de 2014.

BRASIL. Lei N° 11.326 de 24 de Julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional de Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares rurais. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm#art3§2](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm#art3§2)>. Acesso em 22 de junho de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. Regras para Análise de Sementes. 1. ed. Brasília, Acessoria de Comunicação Social, 2009. 398p.

BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; DIJKEMA, M.H.G.E. BEKENDAM, J.; Some factors influencing electrolyte leakage from maize (*Zea mays* L.) kernels. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.1, p.15-20, 1991.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

COSTA, N.P.; MARCOS FILHO, J.; Alternative methodology for the tetrazolium test for soybean seeds. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 9-17, 1994.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; KRYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PEREIRA, J. P. Validade do método alternativo do teste de tetrazólio na avaliação da qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n.2, p 10-16, 1999.

CUSTÓDIO, C.C.; MARCOS-FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, p.549-563, 1997.

DANTAS, B. F. et al. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baráuna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.30, n. 2, 2008.

DELOUCHE, J.C. Percepts for seed storage. In: Short course for seedmen. Mississippi. 1970. **Proceedings**. Mississippi State University. p. 85-119. 1970

DELOUCHE, J. C. BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p. 427-452, 1973.

DIAS, D.C.F.S. & MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31- 42,1996.

DIAS, D.C.F.S.; VIEIRA, A.N.; BHÉRING, M.C. Estudo dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças. I. Couve-flor, cebola e cenoura. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 16., 1996, Gramado, RS. p. 99-106.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, nº 2, p.117-122, 2006. Gramado: CESM FELAS. p.28. 1996.

ELLIS, R. H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. In: CASTELLIÓN, M.; MATIACEVICH, S.; BUERRA, P.; MALDONADO, S. Protein

deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p. 952-958, 2010.

FANTINE, J. ; ALVIN, C. F.; Um modelo de desenvolvimento nacional. **Economia & Energia**. Rio de Janeiro, v.2, n. 57. ISSN 1518-2932, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Disponível em; <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>> Acesso em: 21 de maio de 2014

FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho armazenadas sob diferentes temperaturas e períodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1551-1559, 2006.

GALLARDO, M.; GONZALES, A e PONESSA, G.; Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa). Chenopodiaceae. **Biblat**. Lilloa, v.1, p. 39, 1997.

GUIMARÃES, J.R.M.; MALAVASI, M.M.; LOPES, H.M. Definição do protocolo do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). **Informativo ABRATES**, Brasília, v.3, n.3, p.138, 1993.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Handbook of vigour test methods. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. 117p.

HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, v.12, n.2, p.403-413, 1984.

HOPPER, N.W.; HINTON, H.R. Electrical conductivity as a measure of planting seed quality in cotton. **Agronomy Journal**, v.79, n.1, p.147-152, 1987.

ISELY, D.; Vigor tests. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, v. 47, p. 176-182, 1957.

ISTA Vigour Test Committee. Understanding Seed Vigour. Published by the International Seed Testing Association. Zurich, CH-Switzerland: ISTA, p.3. 1995. Disponível em <<https://www.seedtest.org/upload/prj/product/UnderstandingSeedVigourPamphlet.pdf>> Acesso em 16 de maio de 2014.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M.; Distribution of Minerals in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) **Seeds, Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. v.68 n.1, p. 231-234, 2004.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KHAH, E.M.; ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H. Effects on seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. **Field Crops Research**, v.20, p.175-190, 1989.

LOEFFLER, T.M.; The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. 181 f. Thesis (Master of Science) - University of Kentucky, Lexington, 1981.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.12, p.37-53, 1988.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, cap.3, p.1-24. 1999.

LOPES, J. C.; MARTINS FILHO, S.; TAGLIAFERRE, C; RANGEL, O.J.P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegres. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p. 51-58, 2002.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 498p.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.C.; CHAMMA, H.C.P.C. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.1805-1815, 1990.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). *Tecnologia de sementes de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 2009. p.185-246.

MCDONALD, M., B.; A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 65, p. 109-139, 1975.

MUJICA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago: FAO, 2001.

MURPHY, J.B.; NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v.69, n.2, p.428-431, 1982.

NAKAGAWA, J.; Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRYZANOWSKI, F., C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.,B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1999. p. 4-1-4-26

NODARI, R.O.; FANTINI, A.C.; GUERRA, M.P.; REIS, M.S.; SCHUCH, O. Conservação de frutos e sementes de palmito (*Euterpe edulis* Matius) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.1-10, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525-531, 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA R.D.; PERECIN D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.119-124, 2007.

PERRY, D.A. Manual de métodos de ensayos de vigor. Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 56 p. 1981.

PESKE, S.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Ed. Universitária – UFPel. 2003. 415p.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v. 82, p.481-488, 1998

PINTO, M., C., F.; Manual. Medição *in loco*: temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Maio 2007. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual\\_medicoes\\_T\\_%20pH\\_OD.pdf](http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf)> Acesso em 05 maio de 2014.

ROCHA, J. E. S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agronômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Brasília, 2008.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; SAMPAIO, N.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.29-38, 1998.

SOUZA, F. F. J. **Qualidade fisiológica de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) armazenadas em diferentes ambientes e embalagens**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis, UEG, Anápolis, 2013.

SCHLICK G.; BUBENHEIM D.L. Quinoa: candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems. In: JANICK J. *Progress in New Crops*. Arlington: ASHS Press, 1996 640p.

SIMON, E.W.; RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-85, 1972.

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

SPEHAR, C. R. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. 1.ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103p.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. da S; SANTOS, R. L. B. Desempenho agronômico e recomendações para cultivo de Quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.41, n.1, p.145-147. 2011.

SUN, W.Q.; LEOPOLD, A.C. The Maillard reaction and oxidative stress during aging of soybean seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 1, p. 94-104, 1995.

TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.3, n.1,p.10-18, 1978.

TAPIA, M., ARONI, G. Tecnología del cultivo orgánico de la quinua. In: MUJICA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P.. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento Del Presente y Futuro**. Santiago: FAO, 2001. 564 p.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: A review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; WICKHAM, D.A. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance. II. Plant growth and grain yield. **Crop Science**, v.29, p.1528-1531, 1989.

TORRES, S.B. Comparação entre diferentes testes de vigor e a correlação com a emergência no campo de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v.20, n.1, p.65-69, 1998.

TORRES, S.B.; MEDEIROS, M.A.; TOSTA, M.S.; COSTA, G.M. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.3, p.070-077, 2009.

VEJA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE L. e MARTÍNEZ, E.; Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, La Serena,v.15, n.90, p.2541-2547, 2010.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S.; BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para semente de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.168-174, 2008.

VIEIRA, E.C.; GAZZINELLI, G.; MARES GUIA, M. *Bioquímica celular e biologia molecular*. 2. ed. São Paulo: Atheneu. 1991. 360p.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP. 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, cap.4,1999. p.1-26

VILLACORTA, L.; TALAVERA. V.; Anatomía del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Anales científicos. Universidad Nacional Agraria**. Lima, Perú. v.14. p. 39-45. 1976.

WAHLI, C. Quinoa: hacia su cultivo comercial. 1.ed. Quito: Latinrecco, 1990. 206p.