



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO GÁS  
OZÔNIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE  
SEMENTES DE QUINOA**

**MAÍRA LOPES D'ÁVILA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**  
**MARÇO/2019**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO GÁS  
OZÔNIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE  
SEMENTES DE QUINOA**

**Maíra Lopes D'Ávila**

**Orientadora: Nara Oliveira Silva Souza**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA-DF**  
**MARÇO/2019**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO GÁS OZÔNIO NA  
QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE QUINOA**

**MAÍRA LOPES D'ÁVILA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA**

**APROVADA POR:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA  
**(Orientadora)**

---

Prof. Dr. RICARDO CARMONA (FAV/UnB)  
**(Examinador)**

---

Prof. PhD. CARLOS ROBERTO SPEHAR (FAV/UnB)  
**(Examinador)**

BRASÍLIA/DF, 21 de março de 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

D'Ávila, Maíra Lopes

**Concentração e período de exposição ao gás ozônio na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de quinoa/** Maíra Lopes D'Ávila; orientação: Nara Oliveira Silva Souza. – Brasília, 2019.

59p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1. Semente. 2. Vigor. 3. Sanidade. 4. Armazenamento. 5. Tempo de exposição. 6. Fitopatologia. 7. Concentração. 8. Crescimento.

I. Souza, N. II. Doutora.

CDD ou CDU  
Agris/FAO

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

D'ÁVILA, M. L. **Concentração e período de exposição ao gás ozônio na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de quinoa.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2019, 59 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: MAÍRA LOPES D'ÁVILA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO GÁS OZÔNIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE QUINOA.**

GRAU: MESTRE

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

Nome: Maíra Lopes D'Ávila

CPF: 026.139.611-04

Tel. (61) 99673-5924 E-mail: maira\_l.davila@hotmail.com

*“Our greatest weakness lies in giving up.  
The most certain way to succeed is always to try just one more time.”*

*Thomas A. Edison*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça e o dom da vida e a ele tudo dever.

À minha avó Francisca Lopes da Costa (*in memoriam*) por ter sido meu exemplo de força e perseverança, deixando ensinamentos e valores que estarão sempre comigo.

Aos meus pais, Alcileide Lopes D'Ávila e Tirso Tadeu D'Ávila que foram exemplo de vitória, me orientando sempre para o caminho do bem.

À minha querida Amanda Monteiro C. J. A., por proporcionar tamanha felicidade ao longo desses anos, pela paciência e por me ajudar em tudo, principalmente no desenvolvimento dessa dissertação. Obrigada por seguir comigo por essa aventura chamada vida.

À minha amiga e auxiliar de laboratório Ana Paula das Neves Ilorca por me ajudar na conclusão deste trabalho.

À minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Nara Oliveira Silva Souza e coorientador, Dr. Ernandes Rodrigues de Alencar, por todo o apoio e ensinamentos.

E a todos os excelentes profissionais que me orientaram para o sucesso do meu experimento.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Propriedades físico-químicas do ozônio .....	xxv
<b>Tabela 2.</b> Unidade de medidas dos parâmetros analisados.....	xxxiv
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); <i>Fusarium</i> spp. (FU) e <i>Aspergillus</i> spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo precoce submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018.....	xxxvii
<b>Tabela 4</b> Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); <i>Fusarium</i> spp. (FU) e <i>Aspergillus</i> spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo intermediário submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018.....	xxxviii
<b>Tabela 5.</b> Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); <i>Fusarium</i> spp. (FU) e <i>Aspergillus</i> spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo tardio 1 submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018.....	xxxix
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); <i>Fusarium</i> spp. (FU) e <i>Aspergillus</i> spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo tardio 2 submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018.....	xl
<b>Tabela 7.</b> Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo precoce (Lote 1) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018 .....	xlii

<b>Tabela 8.</b> Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo intermediário (Lote 2) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018 .....	xliv
<b>Tabela 9.</b> Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo tardio 1 (Lote 3) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018 .....	xlvi
<b>Tabela 10.</b> Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo tardio 2 (Lote 4) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018 .....	xlvii
<b>Tabela 11.</b> Médias de sementes infectadas com <i>Fusarium</i> spp. e <i>Aspergillus</i> spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 1. Brasília –DF, 2018 .....	l
<b>Tabela 12.</b> Médias de sementes infectadas com <i>Fusarium</i> spp. e <i>Aspergillus</i> spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 2. Brasília –DF, 2018 .....	l
<b>Tabela 13.</b> Médias de sementes infectadas com <i>Fusarium</i> spp. e <i>Aspergillus</i> spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 3. Brasília –DF, 2018 .....	lii
<b>Tabela 14.</b> Médias de sementes infectadas com <i>Fusarium</i> spp. e <i>Aspergillus</i> spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 4. Brasília –DF, 2018 .....	lii

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>xiii</b>
<b>2. HIPÓTESES</b> .....	<b>xv</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>xv</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	xv
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	xv
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>xvi</b>
4.1 CENÁRIO NACIONAL E MUNDIAL DA QUINOA .....	xvi
4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS, IMPORTÂNCIA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL .....	xviii
4.3 CARACTERÍSTICAS DA SEMENTE DE QUINOA .....	xix
4.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES .....	xxi
<b>4.4.1 Germinação</b> .....	<b>xxi</b>
<b>4.4.2 Vigor</b> .....	<b>xxii</b>
4.5 FUNGOS EM SEMENTES DE QUINOA .....	xxiii
<b>4.5.1 Controle de fungos associados as sementes</b> .....	<b>xxiv</b>
4.6 GÁS OZÔNIO .....	xxiv
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>xxviii</b>
5.1 SEMENTE UTILIZADA .....	xxviii
5.2 TRATAMENTO COM O GÁS OZÔNIO .....	xxix
5.3 TRATAMENTO COM FUNGICIDA .....	xxx
<b>6. ANÁLISES NO LABORATÓRIO DE SEMENTES</b> .....	<b>xxxii</b>
6.1 TESTE PADRÃO DE GERMINAÇÃO (TPG) .....	xxxii
6.2 ENVELHECIMENTO ACELERADO (EA) .....	xxxii
6.3 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) .....	xxxii
6.4 MATÉRIA FRESCA DE PLÂNTULAS (MF) .....	xxxii
6.5 MATÉRIA SECA DE PLÂNTULAS (MS) .....	xxxii
6.6 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) .....	xxxiii

6.7	COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS (CP) E COMPRIMENTO DOS PRIMÓDIOS FOLIATES (CF) .....	xxxiii
6.8	AVALIAÇÃO DOS FUNGOS <i>ASPERGILLUS</i> (AS) E <i>FUSARIUM</i> SP. (FU) .....	xxxiii
<b>7.</b>	<b>DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>xxxiv</b>
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>xxxv</b>
8.1	QUALIDADE SANITÁRIA DAS SEMENTES DE QUINOA.....	xlix
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>lii</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>liv</b>

## RESUMO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) tem ganhado espaço na produção de grãos, principalmente como alternativa para entressafra. O crescimento esperado de produção é devido ao aumento no consumo deste grão, em virtude do seu elevado valor nutricional. Por ser uma cultura relativamente nova na agricultura brasileira, se faz necessário estudos sobre os vários fatores de produção. Fator de sucesso é a qualidade de sementes e seu respectivo tratamento para homogeneidade da lavoura. O uso de produtos químicos nas fases iniciais da cultura, como fungicidas, previne a incidência de patógenos. Como alternativa, o gás ozônio possui características sanitizantes. Entretanto, não se tem metodologia disponível para o uso deste em sementes de quinoa. O objetivo deste experimento foi avaliar a ação do gás ozônio no controle dos fungos dos gêneros *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. Utilizaram-se quatro lotes de sementes de quinoa (precoce; média; tardia 1 e tardia 2), em duas concentrações do gás ozônio (5 e 10,0 mg/L) em cinco períodos de exposição (0, 15, 30, 45 e 60 minutos). Comparados ao uso do fungicida Carboxin + Thiram compondo um fatorial 2 (concentrações) x 6 (períodos de exposição e fungicida) totalizando 12 tratamentos, dispostos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Realizaram-se as seguintes avaliações: Teste padrão de germinação (TPG); índice de velocidade de germinação (IVG); condutividade elétrica (CE); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); massa verde (MF); massa seca (MS); presença de *Fusarium* spp.; *Aspergillus* spp. Na interação entre os dois fatores, concentração e período de exposição, observou-se no teste de germinação que a melhor combinação de tratamento foi obtida com ozônio na concentração de 5,0 mg/L por um período de até 60 minutos de exposição em sementes de maturação precoce e média. Obteve aumento na TPG, IVG, EA, CP, MF e MS, enquanto que na concentração 10,0 mg/L houve redução nestes nos diferentes períodos de tempo de exposição. Enquanto que na CE os lotes 1 e 2 apresentaram menores médias na concentração 5,0 mg/L com período de exposição de 30 e 45 minutos, tendo relação aos danos causados pelo gás nas membranas celulares. Na análise de fungos, não houve presença do gênero *Fusarium* spp. no tratamento com ozônio na concentração de 5,0 mg/L em todos os períodos de exposição ao lote 4, enquanto que no lote 3 não houve presença deste no tratamento com 30 minutos de exposição e em 45 minutos de ozônio de concentração 10,0 mg/L. Para *Aspergillus* spp., não houve presença deste nas duas concentrações e em todos os períodos de exposição, exceto 15 e 45 minutos de ozônio de concentração 10,0 mg/L. Conclui-se que há uma interferência positiva na qualidade fisiológica de sementes de quinoa em um tratamento com 5,0 mg/L por um período de até 60 minutos de exposição, considerando o favorecimento da germinação e vigor das sementes.

**Palavras-chave:** Semente; vigor; sanidade; armazenamento; tempo de exposição; fitopatologia; concentração; crescimento.

## ABSTRACT

The quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) has won space in the grains production, mainly as an alternative to the off-season period. The expected growth is due to the increase in consumption of this grain, due to its high nutritional value. Because it is a relatively new crop in Brazilian agriculture, it is necessary to study the various factors of production. Success factor is seed quality and its respective treatment for crop homogeneity. The use of chemicals in the early stages of the crop, such as fungicides, prevents the incidence of pathogens. As an alternative, the ozone gas has sanitizing characteristics. However, there is no available methodology for the use of this in quinoa seeds. The objective of this experiment was to evaluate the action of ozone gas in the control of fungi of the genus *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp. Four lots of quinoa seeds (precocious, medium, late 1 and late 2) were used in two concentrations of ozone gas (5 and 10.0 mg / L) in five exposure periods (0, 15, 30, 45 and 60 minutes). Compared to the use of the Carboxin + Thiram fungicide compounding a factorial 2 (concentrations) x 6 (periods of exposure and fungicide) totaling 12 treatments, arranged in a completely randomized design with four replicates. Was made the evaluations of germination pattern tests.(GPT) germination velocity index (GVI) electrical conductivity (EC); accelerated aging tests (AA) length of stages of germination (LSG); length of beginnings leaf (LBL); evaluating fresh weight (FW), dry weight (DW); presence of *Fusarium* spp.; *Aspergillus* spp. In interaction between two factors, concentration and exposure period, it was observed in the germination test that the best treatment combination was obtained with 5.0 mg / L ozone for a period of up to 60 minutes exposure in early and medium maturity seeds. It obtained an increase in GPT, GVI AA, LSG, FW and DW, whereas in the concentration 10.0 mg / L there was reduction in these at different times of exposure. While in the EC, lots 1 and 2 presented lower mean values at the concentration of 5.0 mg / L with a exposure period of 30 and 45 minutes, regarding the damage caused by the gas in the cell membranes. In the analysis of fungi, there was no presence of the genus *Fusarium* spp. in treatment with 5.0 mg / L ozone in all periods of exposure to batch 4, whereas in batch 3 there was no presence of this in the treatment with 30 minutes of exposure and in 45 minutes of ozone concentration 10.0 mg / L. For *Aspergillus* spp. There was no presence of this in the two concentrations and in all periods of exposure, except 15 and 45 minutes of 10.0 mg / L concentration ozone. It is concluded that there is a positive interference in the physiological quality of quinoa seeds in a treatment with 5.0 mg / L for a period of up to 60 minutes of exposure, considering the favoring of the germination and vigor of the seeds and the treatment with fungicide is effective to control *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp.

**Key word:** Seed; vigor; sanity; storage; exposure time; phytopathology; concentration; growth.

## 1. INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), espécie da família *Chenopodiaceae*, com origem da zona andina da América do Sul, é um alimento presente no cardápio da população local desde a era pré-hispânica (ORTIZ; INES, 2017). É considerado um alimento ancestral, com grande valor nutritivo.

Com a demanda crescente por este alimento, o consumo tem estimulado a produção, constituindo-se em componente potencial de sistema produtivo para ser implantada no sistema agrícola do Brasil, principalmente no período de entressafra (SPEHAR, 2006). Esta planta, que é propagada por sementes, dispõe de pouca informação na literatura principalmente sobre a ocorrência de fungos fitopatogênicos que acometem a cultura, bem como o controle desses patógenos. Os fungos fitopatogênicos são responsáveis pelo acometimento de muitas doenças em cultivos de grande importância econômica. Nas sementes de quinoa, os gêneros *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp. são os mais comuns, seguidos de *Curvularia* spp. e *Penicillium* spp. em menor frequência (SILVA; LOURENÇO JÚNIOR, 2009).

O aperfeiçoamento nas tecnologias específicas no tratamento de sementes para cada cultura é de grande importância, assim como a aplicação alternativa de tecnologias sustentáveis que substitua o uso comum de produtos químicos. É frequente o emprego inadequado de insumos e determinados defensivos agrícolas, trazendo malefícios a sanidade ambiental e colocando em risco a saúde humana e animal.

Para isso deve-se a aplicação alternativa a esses defensivos agrícolas, com a utilização de produtos que não prejudiquem a saúde humana e animal, e que tenha um retorno positivo ao meio ambiente e financeiro.

Um destes produtos é o ozônio (O<sub>3</sub>), um agente oxidante, que é eficaz na inativação de microrganismos, principalmente bactérias e fungos que são comuns às infestações em sementes. Este produto é obtido a partir de uma descarga elétrica, associando um átomo de oxigênio e uma molécula de O<sub>2</sub>, resultando no ozônio.

Tendo em vista a crescente contaminação das sementes por fungos e as perdas ocorridas no campo, em decorrência das doenças fúngicas, tem-se buscado alternativas para controlar o desenvolvimento dos microrganismos. Neste cenário o ozônio surge como uma alternativa para o controle de fungos, agindo como fungicida, atuando principalmente como método preventivo no processo de disseminação e infecção do fungo pelas sementes, devido ao seu elevado potencial oxidante, que confere alto poder de desinfecção e esterilização (ALENCAR, 2009). Estudos têm demonstrado que o gás ozônio aplicado diretamente nas sementes reduz a população fúngica e a atividade biológica de uma variedade de micotoxinas, correspondendo a um método eficaz para a desinfestação e desinfecção de grãos e sementes (LUO et al., 2014; SAVI et al., 2014; SAHAB et al., 2013; CICCARESE et al., 2007; MCDONOUGH et al., 2011; TIWARI et al., 2010; WHITE et al., 2010).

A utilização do gás ozônio no tratamento de sementes de quinoa ainda não foi encontrado na literatura. Dessa forma, torna-se importante verificar a viabilidade do seu emprego em sementes de quinoa. No controle de fitopatógenos e na qualidade fisiológica dos quatro lotes de sementes, quando expostas a diferentes concentrações, em períodos de exposição ao gás.

## **2. HIPÓTESES**

A qualidade fisiológica das sementes de quinoa não é afetada com o tratamento com gás ozônio.

Há controle de fungos com o tratamento de ozônio em sementes de quinoa.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito do tratamento com gás ozônio na qualidade e sanidade de sementes de quinoa.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a qualidade fisiológica das sementes quando submetidas a aplicação do gás ozônio a concentrações e período de exposição.
- Avaliar a atuação do ozônio no controle de fungos em sementes de quinoa submetidas a diferentes concentrações e período de exposição ao gás.

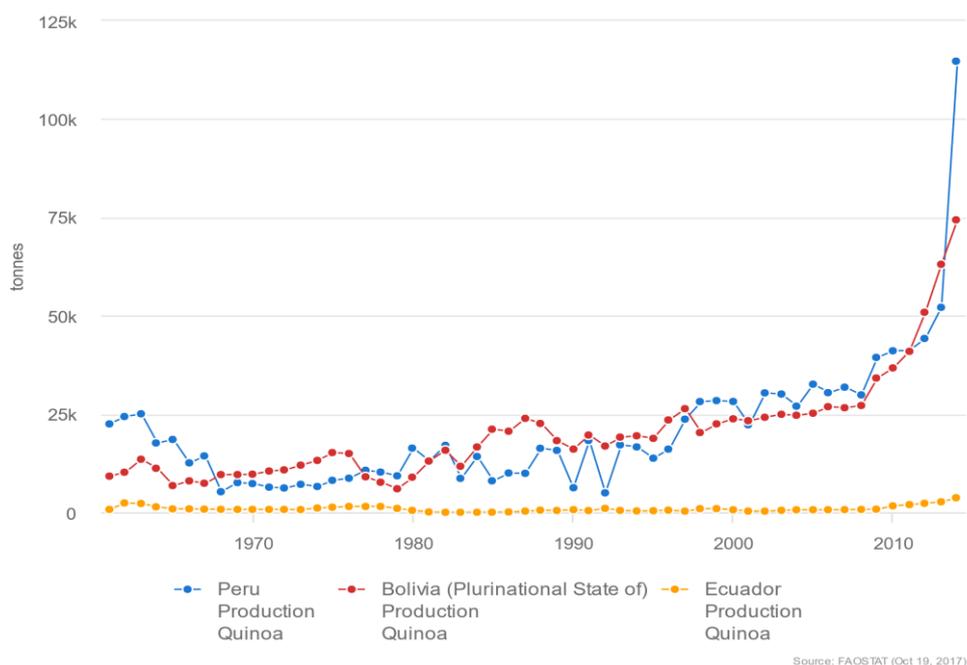
## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 CENÁRIO NACIONAL E MUNDIAL DA QUINOA.**

Com o objetivo de atrair a atenção do mundo para um alimento riquíssimo nutricionalmente a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) declarou o ano de 2013 como o “Ano internacional da Quinoa” (BAZILE; et al., 2013)

O aumento da demanda mundial tem estimulado o crescimento da pesquisa, produção e consumo deste alimento, que tem como principais países produtores o Peru, a Bolívia e o Equador. O Peru é o maior produtor e exportador de quinoa, que em 2014, atingiu uma produção de 114.725 toneladas seguido por Bolívia com uma produção de 74.382 e Equador 3.711 toneladas (Figura 1). O valor comercial tem apresentado crescimento desde 2010. O valor de uma tonelada variava entre 850 a 1.200 dólares, no

ano de 2014 atingindo 3.000 dólares em 2014 (FAO, 2014). Tornando-se um “*grão de ouro*”.



**Figura 1.** Crescimento na produção de quinoa nos três principais países produtores nos anos de 1961 a 2014 (FAOSTAT, 2014)

Esse crescimento é conhecido como o *boom* da quinoa, onde o que antes era produzido por pequenos produtores tomou grandes proporções, e houve um grande aumento da área de produção, uso de mecanização, além de ações irregulares como o uso intensivo de agroquímicos, falta de rotação de culturas e degradação do solo. (PERALES, 2016).

Dos Andes, teve início o cultivo de quinoa em outros países como no Brasil, onde a pesquisa iniciou nos anos 1990, no cerrado em colaboração de universidades e empresas de pesquisas. Desse trabalho cooperativo originou-se a cultivar recomendada para a produção no Brasil central (BRS Piabiru) (SPEHAR, SANTOS, 2002). A quinoa foi introduzida no Brasil com o objetivo de diversificar sistemas produtivos e proporcionar novos usos, tanto para alimentação humana como preparo de ração animal (SPEHAR; SOUZA, 1993).

## 4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS, IMPORTÂNCIA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), uma espécie da família *Chenopodiaceae*, originada na região andina América do Sul, onde apresenta grande variabilidade genética, adaptando-se a variados ambientes de clima e solo dessa mesma família tem-se mais duas espécies com importância econômica, o espinafre (*Spinacia oleraceae* L.) e a beterraba (*Beta vulgaris* L.) (MICHELLON; SANTOS; JULIANO, 2008).

Agronomicamente, é uma cultura dicotiledônea anual com boa adaptabilidade a ambientes frios, secos, salinos, de elevadas e baixas altitudes. Seu ciclo possui cinco fases: sementeira-emergência, aparecimento das duas primeiras folhas verdadeiras, diferenciação floral, antese e maturação fisiológica (SPEHAR, 2007) podendo variar ao todo de 80 a 150 dias nas condições do Brasil, região Centro-Oeste.

Fisicamente, é uma planta ereta, podendo ser ramificada, com tons de verde ou vermelho, as folhas com pecíolo delgado, em geral são cobertas por oxalato de cálcio, atinge 1 a 2 m de altura, desenvolvimento das raízes pivotantes e ramificadas, podendo atingir 1,80 de profundidade quando presentes em solos com déficit hídrico, apresentam folhas pecioladas e alternadas (SOUZA, 2017). Seu fruto é tipo aquênio com sementes de cores variando de branca, amarela e vermelha, de 1 a 2 mm de diâmetro, pouco achatadas e com o endosperma envolvendo o embrião (MALDANER et al., 2011).

Possui características morfológicas comuns à do espinafre, principalmente quando antes da maturação, podendo ser confundida, antes da formação das inflorescências (panículas) (BORGES et al., 2010).

Esta cultura apresenta uma boa sinergia aos sistemas agrícolas (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2006; SPEHAR, 2006). Alternativa para cultivo em sucessão (safrinha), produzido uma boa biomassa em quantidade para proteger o solo, podendo ter seu plantio e colheita mecanizada, por amadurecimento homogêneo dos grãos (BORGES et al., 2010).

Nutricionalmente, é um alimento rico em proteínas de qualidade podendo ser uma ótima substituição à carne e para pacientes celíacos, alérgicos a fração proteica, glúten, este, possui um equilíbrio nutricional entre proteína (10,6-16,1%), aminoácidos essenciais com alta concentração de lisina (5,1-6,4%), metionina (0,4-1,0%) e carboidratos (64%) (CUNHA, 2014).

Os grãos de quinoa podem apresentar, substâncias antinutricionais, se fazendo necessária sua remoção, com saponinas, ácidos fílicos e taninos. As saponinas são glicosídeos triterpenóides, caracterizadas por um sabor amargo, efeitos tensoativos e emulsificante, tóxico a animais e com ação hemolítica, onde diminui a quantidade de hemoglobinas, com caráter hidrofóbico (sapogenina) (AHUMADA et al., 2016)

Quimicamente, as saponinas possuem um núcleo hidrofóbico (sapogenina), onde as cadeias de açúcar (hidrofílicas) estão ligadas. Existem duas principais saponinas que são classificadas de acordo com a sua estrutura química, as saponinas triterpênicas e esteroides. Possuem também estrutura possuindo somente uma cadeia de açúcar e com duas cadeias de açúcar. O principal mecanismo de atividade antifúngica das saponinas está relacionado à sua capacidade de complexar com esteróis presentes nas membranas fúngicas, causando perda da integridade da membrana dos fungos. Este mecanismo depende da estrutura química das saponinas (STUARDO; SAN MARTÍN, 2008).

Estudos relatam o uso das saponinas como um novo tratamento contra às ações fúngicas, como o fungo leveduriforme *Candida albicans* (WOLDEMICHAEL; WINK, 2001) e com ação alcalina, aumentando a atividade das saponinas, também apresentou atividade antifúngicas contra *Botrytis cinérea* (STUARDO; SAN MARTÍN, 2008).

Fisicamente, quando os grãos são amarelos possuem maior quantidade dessa substância, a chamada quinoa “amarga”, quando brancos apresentam em menor quantidade, a quinoa “doce” (ROCHA, 2008). A saponina pode ser removida por meio de fricção, lavagem a temperaturas crescentes e agitação ou tratamento térmico, elas são solúveis a metanol e água.

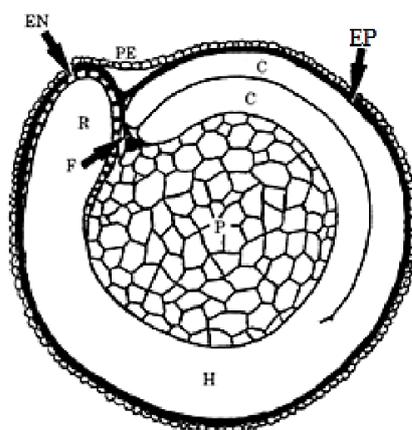
#### 4.3 CARACTERÍSTICAS DA SEMENTE DE QUINOA

As sementes são um dos insumos principais para a perpetuação de espécies e consequente a germinação e vigor da semente, tendo como produto principal a planta (SOUZA, 2017). Morfologicamente as sementes da quinoa tem formato de cilindro achatado; possuem um tamanho muito pequeno com peso aproximado de 1000 sementes variando entre 2-5 g e com diâmetro da semente menor que 3 mm (VALENCIA-CHAMORRO, 2003). É formado por pericarpo, episperma, perisperma, tomando grande área central e embrião (Figura 2). No perisperma encontramos o tecido de reserva nutricional, principalmente carboidratos, enquanto no endosperma e embrião estão

presentes a maior reserva de proteínas, minerais, lipídios e nutrientes (PREGO; MALDONADO; OTEGUI, 1998).

É considerada uma semente amilácea por ser constituída por até 60% de amido. Assentando uma semelhança à composição de um grão, por apresentarem particularidades em comum, como produzir uma farinha adequada para panificação, porém sem a presença de glúten e não pertencerem às famílias dos cereais comuns, a *Poaceae* ou *Graminaceae*, assim é considerado um “pseudocereal”.

Em sua estrutura apresentam: episperma, com quatro camadas (rugosa, lisa, amarela opaca e delgada) onde encontramos as saponinas; o perisperma, com composição albuminosa e oleosa, ocupa a parte central da semente; e o endosperma, constituído pelo embrião, formado por dois cotilédones e uma radícula, localizado na periferia, possui formato de anel e que envolve o perisperma, (BORGES et al., 2010; MÄKINEN et al., 2014; SPEHAR; SANTOS, 2002).



**Figura 2.** Representação da secção mediana longitudinal do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) (PE: pericarpo; EP: episperma, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H:hipocótilo, C: cotilédones e P: perisperma) (PREGO; MALDONADO; OTEGUI, 1998).

Essa cultura forma cachos (panículas) onde apresentam coloração resultante da junção do pericarpo e do episperma, ocasionando em uma coloração branca, roxo, vermelho, rosado, amarelo, laranja, marrom, cinza, preto ou verde, quando o perisperma é translúcido, a cor é determinada pelo episperma e podendo ou não apresentar estrias (JACOBSEN, 2011; SPEHAR, 2007).

#### 4.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

A qualidade fisiológica pode ser definida como a capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizada pela germinação, vigor e longevidade, que afeta diretamente a implantação da cultura em condições de campo (MOSCON, 2015). Resultados de pesquisa mostram que a baixa qualidade fisiológica de sementes pode resultar em reduções na velocidade e emergência total, falta de uniformidade na emergência, menor tamanho inicial de plântulas, produção de matéria seca e na área foliar (KHAH, 1989; SCHUCH, 1999; HÖFS et al., 2003; KOLCHINSKI et al., 2005).

Na avaliação da qualidade fisiológica das sementes leva-se em consideração três pontos: a viabilidade, o vigor e a longevidade (SOUZA et al., 2017) que podem ser avaliados por meio de testes, descritos nas Regras para Análise de Sementes (RAS) publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). As sementes de quinoa não é apresentada nas RAS tem sido avaliada de acordo com metodologia específica (SOUZA et al., 2017).

##### 4.4.1 Germinação

A germinação é o primeiro atributo da qualidade fisiológica a ser considerado em um lote de sementes. O Teste padrão de germinação representa a capacidade da semente em originar uma plântula normal em condições favoráveis (BRASIL, 2009).

Alguns fatores intrínsecos à semente interferem na germinação, que são eles, maturação fisiológica, longevidade e dormência. Outros são fatores externos, que são água, luz, temperatura e oxigênio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A água é essencial, pois hidrata os tecidos dando início a atividade enzimática e transporte das reservas, sendo também reagente para a digestão das substâncias presentes na semente (DANTAS et al., 2008).

Na literatura, as informações existentes sobre a germinação e armazenamento das sementes de quinoa são escassas, sabe-se que a composição da semente com maior estabilidade química dos amidos e lipídios permite um maior potencial de armazenamento do que as demais sementes oleaginosas (STRENSKE, et al, 2017)

As sementes de quinoa apresentam uma camada de ar, separando as células endospermáticas das embrionárias. Essa camada é preenchida com a presença de água, que rapidamente é consumido pelo conteúdo das células endospermáticas através do embrião, rompendo o endosperma no processo de germinação (VARRIANO-MASRSTON; DEFRANCISCO, 1984). Essa porosidade no tegumento permite que as sementes ganhem ou percam facilmente o teor de umidade, iniciando a germinação da panícula (SPEHAR, 2007)

O resultado do Teste padrão de germinação, realizado em condições ideais, nem sempre é preciso para prever o comportamento das sementes no armazenamento e em condições adversas de campo (McDONALD, 1993). Por isso, para análise confiável da qualidade fisiológica de sementes é necessário complementar as informações com testes de vigor.

#### **4.4.2 Vigor**

Reconhecido como um dos mais importantes atributos para a avaliação de sementes, o vigor é o que tem melhor expressão quanto ao cumprimento do seu ciclo vital de reproduzir e propagar a sua espécie. Pode ser conceituado como o nível potencial para produzir uma plântula normal, que posteriormente tornará uma planta com raízes e parte aérea bem desenvolvidas. Para isso, um conjunto de propriedades são determinantes como, por exemplo, o estado de deterioração das sementes que deve ser mínimo, qualidade da semente (genética, física, fisiológica e sanitária), podendo ser determinantes por fatores intrínsecos e extrínsecos (temperatura, umidade relativa, oxigênio e a ação de fungos e bactérias) (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2011; MARCOS FILHO, 2015).

Vigor, definido pela *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 2009), reflete a manifestação de um conjunto de propriedades das sementes, determinando o seu potencial para emergência rápida e uniforme, com desenvolvimento de plântulas normais em amplas condições ambientais. Para a *International Seed Testing Association* (ISTA, 1995), vigor é a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho das sementes, durante a germinação e emergência de plântulas. O objetivo primordial dos testes de vigor é a identificação de diferenças importantes na qualidade

fisiológica de lotes que apresentam poder germinativo semelhante (MARCOS FILHO, 2015).

Para a determinação do vigor de semente são necessários a aplicação de testes que envolvem três referências: bioquímico, fisiológicos e resistência a estresses. Sendo necessário a comparação de lotes da mesma espécie e cultivar (MARCOS FILHO, 2015).

Segundo Marcos Filho (2011) existem disponíveis mais de 40 testes de vigor, e a preferência deve ser dada para os métodos acessíveis, que permitam obtenção rápida de resultados associados à emergência de plântulas em campo. Os testes de primeira contagem, índice de velocidade de emergência, comprimento de plântulas e envelhecimento acelerado atendem esses requisitos.

#### 4.5 FUNGOS EM SEMENTES DE QUINOA

Assim como qualquer cereal e oleaginosas, as sementes de quinoa pode haver infecção de fungos e contaminação com micotoxinas (PAPPIER et al., 2008). Em relação a cultura da quinoa há pouco relatos de ataques por fungos e estes não estavam relacionados às cultivares brasileiras (SILVA; LOURENÇO JUNIOR, 2009). Saber os casos relacionados aos genótipos brasileiros é de grande importância para que se desenvolva pesquisas e a tomada de medidas para o controle.

O fungo que mais afeta a cultura da quinoa e que causa entre 33 a 58% na perda de produção é o míldio (*Peronospora farinosa*) porém este afeta principalmente a folhagem (DANIELSEN; AMES, 2000).

Em relação a fungos associados as sementes os primeiros relatos foram de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* spp., *Equiseti*, *Phoma* sp., *Bipolaris heweiensis* e *Bipolaris* sp., esses sendo também patogênicos às plântulas e, portanto, podem vir a causar danos a essa cultura (MENDES et al., 1997). Em amostras de quinoa cultivadas na Argentina e Bolívia, constataram-se *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. niger*), *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*, *P. griseofulvum* e *P. crustasum*), com maior frequência e *Eurotium*, *Fusarium*, *Phoma*, *Ulocladium*, *Mucor*, *Rhizopus* com menor frequência (PAPPIER et al., 2008). O conhecimento da presença desses patógenos é de grande importância para que se evite a sua introdução e disseminação às novas áreas e reintrodução em áreas já controladas.

Fatores físicos, químicos e biológicos levam ao desenvolvimento de fungos e produção de micotoxinas, que são agentes químicos gerados a partir das atividades metabólicas de certos fungos, podendo intoxicar seres vivos, assim como condições ambientais, umidade, umidade relativa, temperatura, entre outros e prejudiciais à própria germinação, reduzindo o vigor das sementes (RODRÍGUEZ et al., 2001).

#### **4.5.1 Controle de fungos associados as sementes**

O controle de fungos e outros patógenos comumente é realizado com aplicação de produtos químicos, como fungicidas. Para o controle efetivo de patógenos associados a semente se baseia nos princípios de exclusão, erradicação, proteção, imunização ou resistência, terapia, evasão e regulação (NEERGAARD, 1979, KIMATI, 1986; KOBORI, 2011).

As sementes podem ser submetidas a tratamento, o biológico, químico e físico. O primeiro compreendo a microbiolização das sementes com agentes biológicos, bioprotetores, possuindo ação antagonistas a fungos, atóxicos ao ser humano e animais. Alguns apresentam estímulos a germinação, ao crescimento e florescimento, como o uso de *Trichoderma* spp. (MERTZ; HENNING; ZIMMER, 2009). O controle químico tem sido a forma mais comum, rápida e prática, porém com uso contínuo de princípios ativos que podem causar danos à saúde. O tratamento físico, inclui termoterapia e o condicionamento osmótico, estes exigem um estudo a sensibilidade a estresses térmicos e hídrico quanto ao tipo de semente e patógenos (FRANÇOSO; BARBEDO, 2012).

#### **4.6 GÁS OZÔNIO**

O ozônio é um gás gerado a partir da separação de duas moléculas de oxigênio ( $O_2$ ) ao receber uma descarga elétrica, formando uma molécula com geometria triangular ( $O_3$ ) muito instável, em que rapidamente é degradado e volta à forma  $O_2$  (HELENO, F. F.; et al. 2014) .

Ademais, reage preferencialmente com compostos orgânicos insaturados, quebrando ligações duplas carbono-carbono, como ácidos orgânicos (GOTTSCHALK; LIBRA; SAUPE, 2009). Apresenta um elevado potencial de oxidação, sendo o segundo agente gasoso mais poderoso, inferior somente ao gás flúor (Tabela 1).

**Tabela 1.** Propriedades físico-químicas do ozônio

Propriedades físico-químicas do ozônio	
Massa molecular	48,00g/mol
Ponto de ebulição	-111,9°C
Ponto de fusão	-192,5°C
Temperatura crítica	-12,1°C
Pressão crítica	5460 kPa
Potencial de oxidação	2,07 V

Fonte: Compressed Gas Association, Inc. Publication CGA P-34, 2001 apud RAKNESS (2011)

Por sua reatividade o ozônio age como considerado um sanitizante eficiente, com capacidade de desinfecção e esterilização. O seu uso tem se destacado na saúde humana com a ozônioterapia, comum em tratamentos de doenças circulatórias; ambiental, no tratamento de águas, em substituição ao cloro; há agricultura controlando microrganismos, em sementes e na irrigação para reduzir casos de *Phytophthora capsici* (MCDONALD, 2007), e na decomposição de produtos fitossanitários (BOURGIN, 2011), entre outros casos.

A aplicação do gás ozônio, com tratamento químico, é rápida e eficiente. Sua eficácia tem sido comprovada em diversas culturas, adequando-se o tempo de exposição e a concentração de ozônio utilizados. Em sementes de girassol, a exposição ao gás por 60 minutos na concentração 0.24 g/h reduziu a população dos fungos de *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. sem afetar o potencial fisiológico das sementes (RODRIGUES et al., 2015).

Seu emprego depende da fisiologia da semente. Em quinoa a elevada permeabilidade, condiciona rápida perda ou ganho de umidade estando sujeita a perda de vigor em armazenamento. Ainda que apresente baixa proporção de lipídeos é facilitado rapidamente em condições ambientais, perde viabilidade acima de 25°C (BORGES et al., 2010; SOUZA et al. 2017).

Ciccarese et al. (2007), utilizaram o gás ozônio (3% por peso) em três períodos de exposição (1, 1,5 e 3 minutos) para desinfecção de sementes de trigo, ervilha e cevada, verificando que o maior período de exposição foi mais eficiente na desinfecção de sementes sem influenciar a taxa de germinação.

Em sementes de *Triticuma estivum*, submetido a duas concentrações de ozônio (20 e 40 ppm) e quatro períodos de exposição (5, 10, 15 e 20 min), verificou-se que a concentração de 40 ppm durante 20 minutos foi eficiente no controle de *Aspergillus flavus* (EL-DESOUKY et.al 2012).

No controle de *Aspergillus* spp. em amendoim reduziu o gás ozônio a aflatoxina em concentrações de 20 ppm por 5 minutos, 40 ppm por 10 minutos e 50 ppm por 5 minutos e diminuiu a presença de fungos, conseguiu eliminando *A. flavus* nas amostras. A concentração de 40 ppm por 10 minutos causou a degradação da aflatoxina em sementes (ABDEL-WAHHAB, 2011).

Na exposição a 40 ppm de O<sub>3</sub> durante 10 minutos degrada significativamente aflatoxinas não interferindo no teor de gorduras e proteínas, podendo ser utilizado eficazmente para a descontaminação de sementes de amendoim contaminados com aflatoxinas (SAHAB et al. 2013).

Em sementes de milho tratadas com oxigênio puro ([O<sub>3</sub>] = 0 g / m<sup>3</sup>) e ozônio ([O<sub>3</sub>] = 20 g / m<sup>3</sup>) durante 6, 8 e 20,5 minutos. O ozônio interferiu positivamente no vigor das plântulas com rápida germinação e maior comprimento de raiz. No entanto, com aumento do tempo de exposição ao gás ozônio houve redução na taxa de germinação (VIOLLEAU et al.2007).

Savi et al. (2014) verificaram em sementes de trigo, que o gás O<sub>3</sub> foi eficiente no controle de fungos e proporcionou a degradação de micotoxinas, principalmente após 120 minutos, com concentração de 60 mmol / mol, sem causar alterações físicas e bioquímicas a germinação foi reduzida. Só afetou a germinação do trigo após 180 min de exposição, reduzindo a capacidade de germinação para 12,5%.

O efeito do tratamento de ozônio sobre a degradação de aflatoxina B1 (AFB1) em sementes de milho sob diferentes teores de umidade e toxicidade dos produtos de degradação também foi igualmente avaliado. A ozonização degradou rápida e eficazmente a aflatoxina B1, diminuindo a toxicidade, e, portanto, a ozonização pode ser um método eficaz, rápido e seguro no controle de aflatoxina em milho, bem como sua toxicidade (LUO et al., 2014).

Em sementes de *Triticuma estivum* L. contaminadas com fungos, *Fusarium* spp. e *Alternaria* spp., e tratadas com ozônio, a contagem visual das colônias não permitiu

uma avaliação do efeito de tratamento. Porém, a sua análise de imagem para a contagem das colônias, mostrou sua eficiência no controle de fungos (MARIQUE et al. (2012),

Em arroz, o uso do gás ozônio no controle de fungos em seus grãos armazenados causou redução na quantidade total de fungos, contudo os gêneros *Aureobasidium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e leveduras demonstraram resistência às concentrações de gás O<sub>3</sub> aplicado, e que os fungos mais sensíveis foram *Acremonium* *Alternaria* (BEBER-RODRIGUES, 2013).

Tendo em vista a importância da contaminação das sementes e as crescentes perdas ocorridas no campo, devido às doenças fúngicas, tem-se buscado alternativas para o seu controle. Neste cenário o ozônio surge como uma alternativa para o controle de patógenos, agindo como fungicida, atuando na presença de disseminação e infecção do fungo pelas sementes, devido ao seu elevado potencial oxidante, que confere alto poder de desinfecção e esterilização (ALENCAR, 2009).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Armazenamento e Pré-Processamento de Produtos Agrícolas; no Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária e no Laboratório de Fitopatologia do Departamento de Fitopatologia do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília, situados no Campus Universitário Darcy Ribeiro.

### 5.1 SEMENTE UTILIZADA

As sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru, foram obtidas na Fazenda Água Limpa (FAL) da UnB. O cultivo ocorreu entre os meses de fevereiro a junho de 2016 (período safrinha), sob irrigação por aspersão convencional, teve como trato cultural a capina aos 15, 30 e 60 dias após a emergência. As sementes foram colhidas manualmente na maturação fisiológica das plantas. Por diferença no número de dias há maturação, as plantas foram classificadas como Lote 1- ciclo precoce, com panículas colhidas aos 100 dias após a emergência; Lote 2- ciclo intermediário, com panículas colhidas aos 116 dias após emergência; Lote 3- ciclo tardio 1, com panículas colhidas aos 130 dias após emergência; Lote 4- ciclo tardio 2, com panículas colhidas aos 125 dias após emergência. Após a colheita de cada lote foi realizada a debulha, limpeza em máquina de ar e peneiramento uniformizando o tamanho e secas. O peneiramento foi realizado com peneira com furo oblongo de 1,5 x 22 mm, obtendo sementes com tamanho de 2,5 a 2,0 mm (classificando-as por tamanho entre intermediário a grande). O processo de secagem foi realizado com temperatura do ar de secagem de  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ , a umidade das sementes antes do armazenamento não foi mensurada.

As sementes foram armazenadas a  $10^{\circ}\text{C}$  em embalagens semipermeáveis (sacos plásticos transparentes) com 12 horas de luz, até a realização do experimento.

As análises dos lotes seguiram as metodologias descritas por Souza et al. (2017), Mota (2015) e Cunha (2014) por não haver especificidades a respeito desta cultura nas Regras para análise de sementes (RAS) e *International Seed Testing Association* (ISTA)

## 5.2 TRATAMENTO COM O GÁS OZÔNIO

O gás ozônio foi obtido por meio de um gerador de ozônio baseado no método de Descarga por Barreira Dielétrica. Este tipo de descarga é produzido ao aplicar uma alta tensão entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde flui o ar seco. Neste espaço livre, é produzida uma descarga em forma de filamentos, em que são gerados elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o ozônio ( $O_3$ ).

No processo de geração foi utilizado como insumo o oxigênio ( $O_2$ ) com grau de pureza de aproximadamente 90%, isento de umidade, obtido do concentrador de oxigênio acoplado ao gerador de ozônio (Aparelho Ozone & Life®) (Figura 3)



**Figura 3.** Aparelho Ozone & Life® com capacidade de produção de 10 g/h gerador de ozônio.

Foram adotadas as concentrações do gás ozônio de 5 e 10 mg/L para períodos de exposição das sementes em períodos de exposição dos lotes de sementes de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos e vazão de 4,0 L/min. Inicialmente amostras de 10g de sementes de quinoa foram acondicionadas em recipientes de vidro (diâmetro= 9,05cm; altura= 16,82 cm; gargalo=74mm e volume útil=830 mL), dotado de tampa com conexões para entrada e saída do gás (Figura 4)



**Figura 4.** Ozonização das sementes de quinoa em recipientes de vidro.

Após a ozonização as amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e armazenadas em câmara fria até o início das análises laboratoriais.

### 5.3 TRATAMENTO COM FUNGICIDA

O tratamento de sementes com fungicida foi realizado para fins de comparação, utilizou-se o Fungicida Carboxin + Thiram (Vitamax-Thiram<sup>1</sup>) seguindo a dosagem recomendada do produto com 50 mL/Kg de semente, usou-se 2,5mL/50g de sementes (Figura 5).

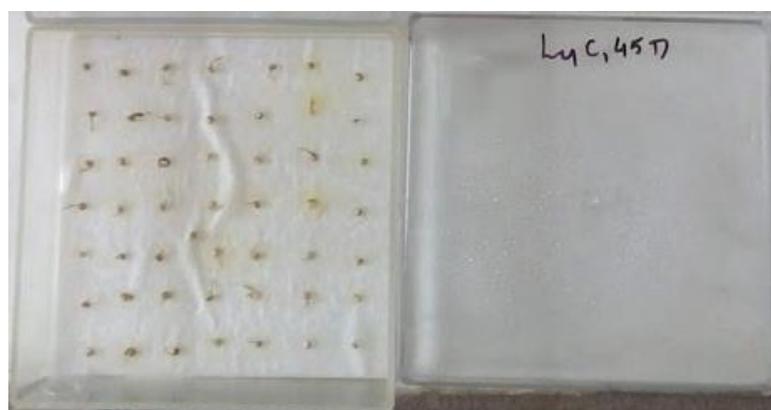


**Figura 5.** Sementes tratadas com fungicida Carboxin + Thiram (Vitamax-Thiram<sup>1</sup>)

## 6. ANÁLISES NO LABORATÓRIO DE SEMENTES

### 6.1 TESTE PADRÃO DE GERMINAÇÃO (TPG)

Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote. As sementes foram separadas por ~1cm entre elas sobre papel para germinação (*germitest*) (duas folhas de papel sob as sementes) (Figura 6), dentro de caixas do tipo *gerboxes* (110 × 110 × 30 mm). Antes da semeadura, as folhas de papel foram embebidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso, para não haver perda de água para o ambiente, as caixas foram vedadas com papel filme. Foram armazenadas em uma câmara B.O.D. (demanda bioquímica de oxigênio) à temperatura de 25°C. A avaliação das plântulas normais foi realizada de acordo com sua estrutura com formação de radícula e primórdios foliares sem deformidades e conduzida no 5° dia. Os resultados são expressos em porcentagem (Equação 1) (SOUZA et al, 2017)



**Figura 6.** Disposição das 50 sementes de quinoa em caixa *Gerbox* sob duas folhas de papel *germitest*

### 6.2 ENVELHECIMENTO ACELERADO (EA)

Para esta análise foram utilizadas caixas do tipo “*gerbox*” com tampa, adicionados 40mL de água destilada. Acima da água, foi colocada tela metálica, em que foram distribuídas uniformemente 50 sementes de cada lote com quatro repetições. As caixas tampadas foram acondicionadas em câmara de germinação a 42° C por um período

de 48 horas (MOTA, 2015). Após este período as sementes foram submetidas ao teste padrão de germinação (SOUZA et al, 2017) sendo avaliada no 5º dia após a semeadura, somente plântulas normais foram consideradas. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### 6.3 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG)

Foram conduzidos em conjunto com o Teste padrão de germinação, anotando-se diariamente o número de plântulas que germinaram. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas, calculou-se o índice de velocidade de germinação (Equação 2) empregando a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$I.V.G. = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n), \text{ onde}$$

I.V.G = índice de velocidade de germinação; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª... enésima avaliação.

#### **Equação 2.** Índice de velocidade de germinação (IVG)

### 6.3 MATÉRIA FRESCA DE PLÂNTULAS (MF)

Foram avaliadas as plântulas normais, obtidas a partir do teste padrão de germinação, excluindo destas o endosperma restante. As plântulas normais, que apresentam todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas proporcionais e sadias (BRASIL, 2009), foram selecionadas e pesadas em balança com precisão de 0,001g, os resultados médios expressos em gramas.

### 6.4 MATÉRIA SECA DE PLÂNTULAS (MS)

A matéria fresca de plântulas foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas, e levadas à estufa com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de 80°C por um período até adquirirem peso constante (NAKAGAWA, 1994) Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001g, e os resultados médios expressos em gramas.

## 6.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

Foram utilizadas três repetições de 50 sementes para cada tratamento, colocadas para embeber em copos plásticos (200 mL) contendo 50 mL de água destilada e mantidas a 20°C por quatro horas de embebição (CUNHA, 2014). Decorrido o período de embebição, foi realizada a leitura da condutividade elétrica, utilizando um condutivímetro DIGIMED, modelo CD 21, com eletrodo de constante 1.0, sendo os resultados finais expressos em  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ .

## 6.6 COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS (CP) E COMPRIMENTO DOS PRIMÓRDIOS FOLIATES (CF)

A medição foi realizada nas plântulas normais provenientes do teste padrão de germinação, após quatro dias da instalação do mesmo. Para efetuar as medições foi utilizada uma régua (leitura em cm) fixada na mesa por fita crepe. As medições manuais das plântulas foram realizadas para determinar o **comprimento de plântula (CP)**: medição realizada da altura das folhas cotiledonares até a ponta da raiz e de **comprimento dos primórdios foliares (CF)**: medição realizada da folha (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

## 6.7 AVALIAÇÃO DOS FUNGOS *ASPERGILLUS* (AS) E *FUSARIUM* SP. (FU)

Na detecção de microrganismos pelo método do papel de filtro (Blotter test), foram utilizadas caixas de acrílico tipo “gerbox” (11 x 11 x 3,5 cm), previamente desinfestadas com solução de álcool a 70% e hipoclorito de sódio. Nessas caixas foram colocadas duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, esterilizadas em autoclave (120°C e 1 atm por 30 minutos). Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento com 50 sementes distribuídas com espaçamento de ~1 cm entre elas. Inicialmente foram incubadas à  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 h, posteriormente transferidas para freezer a  $-20^\circ\text{C}$  por mais 24 h.

Em seguida retornaram à temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  até completar sete dias, sob regime alternado de 12 h de luz e 12 h de escuro. Após os sete dias foram realizadas análises visuais para verificar a presença ou ausência de colônias de fungos em desenvolvimento. Os resultados serão expressos em porcentagem de sementes infectadas (LUCCA FILHO, 1987).

As unidades de medidas dos respectivos parâmetros analisados se encontram na Tabela 2.

**Tabela 2.** Unidade de medidas dos parâmetros analisados

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>
Teste padrão de germinação (TPG)	%
Índice de velocidade de germinação (IVG)	Adimensional
Envelhecimento acelerado	%
Condutividade elétrica (CE)	$\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$
Comprimento de plântula (CP)	cm
Comprimento foliar	cm
Matéria verde (MF)	g
Matéria seca (MS)	g
Avaliação de fungos	%

## **7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O experimento foi instalado em esquema fatorial  $2 \times 6$ , com duas concentrações e cinco períodos de exposição ao ozônio, totalizando 10 tratamentos, mais o tratamento com fungicida. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. As análises estatísticas foram realizadas no programa *STAFi*.

A análise de variância foi realizada utilizando-se como variáveis dependentes: teste padrão de germinação (TPG); índice de velocidade de germinação (IVG); condutividade elétrica (CE); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); massa verde (MF); massa seca (MS) e a análise sanitária; e como variáveis independentes: concentração do ozônio (mg/L) o período de exposição das sementes em minutos, o tratamento com fungicida e o lote. Os valores de análise de

fungos, expressos em porcentagem foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$ . Na comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância dos parâmetros do ciclo precoce de sementes de quinoa é observado-se não haver significância ( $p < 0,05$ ) para a interação entre concentração e período de exposição ao gás ozônio para envelhecimento acelerado e matéria seca, mas houve significância quando observamos os fatores individualmente, o inverso ocorre na variável relacionada ao fungo *Aspergillus* spp., em que somente com a interação houve significância. A variável relacionada ao fungo *Fusarium* spp. Não obteve efeito significativo em nenhum dos fatores (Tabela 3).

Enquanto nos demais fatores é possível observar que as variáveis obtiveram valores significativos, mantendo o valor do coeficiente de variação (CV) baixo, assim como valores mais homogêneos e médias consideráveis, como os obtidos no teste padrão de germinação com 85,1%, valor médio também obtido quando tratadas quimicamente (ABREU, 2016) e mesmo submetidas ao teste de envelhecimento acelerado a taxa de germinação foi pouco afetada mantendo a média de 80,35%.

Quanto a análise de variância do ciclo intermediário, o envelhecimento acelerado não obteve efeito significativo quanto a concentração, mas obteve quanto ao período de exposição (Tabela 4) e a interação entre os fatores, o inverso ocorre na variável condutividade elétrica. Nas variáveis restantes, exceto *Aspergillus* spp. e matéria seca houve efeito significativo dentre os fatores. A porcentagem média do teste padrão de germinação do ciclo intermediário foi semelhante ao ciclo precoce, enquanto que no envelhecimento acelerado foi superior com 89,25%, o que é acima do padrão aceito quando comparado a cultura do milho (AUGUSTO et al., 2014).

No ciclo tardio 1 as variáveis *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. não obtiveram efeito significativo nos fatores, nas variáveis teste padrão de germinação, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado; diferiu somente o fator concentração, enquanto que na condutividade elétrica o período de exposição ao gás não obteve efeito com valor superior a 5% pelo teste de Tukey e a variável comprimento de folhas cotiledonares, a concentração e o período de exposição obtiveram efeito e não a

interação (Tabela 5), o mesmo ocorre no ciclo tardio 2 (Tabela 6), enquanto que a variável AS obteve diferença significativa e o teste padrão de germinação o fator concentração não foi significativo. A variável matéria seca obteve efeito significativo somente na interação entre concentração e período de exposição.

**Tabela 3.** Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); *Fusarium* spp. (FU) e *Aspergillus* spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo precoce submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018

FV	Quadrado médio									
	TPG	CE	IVG	EA	CP	CF	MF	MS	FU	AS
Concentração	1960,000**	302,500**	1842,806**	532,900**	4,026**	6,48E-02**	5,64E-01*	1,23E-03**	0,220 <sup>NS</sup>	0,025 <sup>NS</sup>
Período de exposição	204,210**	87,977**	194,895**	196,150*	3,257**	1,16E-02**	4,89E-02*	9,28E-04**	0,532 <sup>NS</sup>	0,061 <sup>NS</sup>
Concentração x P. exposição	427,060**	38,000*	399,937*	117,650NS	3,975**	6,35E-03**	4,40E-02**	1,57E-04NS	0,346 <sup>NS</sup>	0,948*
CV %	13,40	8,70	13,30	12,50	19,40	18,10	29,80	38,90	40,50	37,30
Erro	0,851	0,558	0,798	0,288	0,535	0,782	0,88	0,557	0,050	0,086
Média	85,1	64,3	85,004	80,35	5,89	0,358	0,544	0,037	1,468	1,585

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* Significativo a 2% de probabilidade pelo teste F; <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste de Tukey.

**Tabela 4** Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); *Fusarium* spp. (FU) e *Aspergillus* spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo intermediário submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018

<b>Quadrado médio</b>										
<b>FV</b>	<b>TPG</b>	<b>CE</b>	<b>IVG</b>	<b>EA</b>	<b>CP</b>	<b>CF</b>	<b>MF</b>	<b>MS</b>	<b>FU</b>	<b>AS</b>
Concentração	2102,500**	72,900**	2904,184**	62,500 <sup>NS</sup>	6,610**	2,40E-02**	4,58E-02**	9,19E-04**	0,327*	0,279 <sup>NS</sup>
Período de exposição	227,837**	27,850 <sup>NS</sup>	346,885**	85,000*	2,905**	3,51E-03*	1,96E-02**	6,12E-04**	0,250*	0,224 <sup>NS</sup>
Interação	230,563**	13,650 <sup>NS</sup>	291,482**	100,500**	1,607**	2,62E-03 <sup>NS</sup>	1,42E-02*	2,47E-04 <sup>NS</sup>	0,265**	0,023 <sup>NS</sup>
CV	0,127	0,063	0,144	0,071	0,145	0,129	0,172	0,343	0,279	0,330
Erro	0,827	0,215	0,873	0,356	0,539	0,445	0,46	0,405	0,359	0,000
Média	85,15	62,2	86,529	89,25	6,7955	0,361	0,514	0,041	1,241	1,223

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* Significativo a 2% de probabilidade pelo teste F; <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste de Tukey.

**Tabela 5.** Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); *Fusarium* spp. (FU) e *Aspergillus* spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo tardio 1 submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018

<b>Quadrado médio</b>										
<b>FV</b>	<b>TPG</b>	<b>CE</b>	<b>IVG</b>	<b>EA</b>	<b>CP</b>	<b>CF</b>	<b>MF</b>	<b>MS</b>	<b>FU</b>	<b>AS</b>
Concentração	189,225**	255,025**	133,529**	230,400**	18,077**	9,61E-03**	3,09E-01**	4,41E-03**	0,0123 <sup>NS</sup>	0,114 <sup>NS</sup>
Período de exposição	9,250 <sup>NS</sup>	20,975 <sup>NS</sup>	19,219 <sup>NS</sup>	30,650 <sup>NS</sup>	2,360**	3,34E-03**	3,87E-02**	3,50E-04**	0,0185 <sup>NS</sup>	0,050 <sup>NS</sup>
Interação	16,225 <sup>NS</sup>	75,650**	9,752 <sup>NS</sup>	61,650 <sup>NS</sup>	3,621**	9,79E-04 <sup>NS</sup>	2,12E-02**	5,01E-04**	0,0432 <sup>NS</sup>	0,051 <sup>NS</sup>
CV	0,038	0,074	0,038	0,073	0,161	0,095	0,228	0,331	0,248	0,248
Erro	0,459	0,524	0,318	0,174	0,611	0,356	0,828	0,654	0,000	0,000
Média	93,875	68,325	96,252	88,6	7,677	0,388	0,558	0,0497	1,130	1,131

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* Significativo a 2% de probabilidade pelo teste F; <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste de Tukey.

**Tabela 6.** Análise de variância dos dados de germinação (TPG); condutividade elétrica (CE); índice de velocidade de germinação (IVG); envelhecimento acelerado (EA); comprimento de plântula (CP); comprimento foliar (CF); matéria fresca (MF); matéria seca (MS); Fusarium spp. (FU) e Aspergillus spp. (AS) em sementes de quinoa do ciclo tardio 2 submetidas ao pré-condicionamento em gás ozonizado em função da concentração de ozônio e período de exposição. Brasília-DF, 2018.

FV	Quadrado médio									
	TPG	CE	IVG	EA	CP	CF	MF	MS	FU	AS
Concentração	189,225**	255,025**	133,529**	230,400**	18,077**	9,61E-03**	3,09E-01**	4,41E-03**	0,0123 <sup>NS</sup>	0,114 <sup>NS</sup>
Período de exposição	9,250NS	20,975NS	19,219NS	30,650NS	2,360**	3,34E-03**	3,87E-02**	3,50E-04**	0,0185 <sup>NS</sup>	0,050 <sup>NS</sup>
Interação	16,225NS	75,650**	9,752NS	61,650NS	3,621**	9,79E-04NS	2,12E-02**	5,01E-04**	0,0432 <sup>NS</sup>	0,051 <sup>NS</sup>
CV	0,038	0,074	0,038	0,073	0,161	0,095	0,228	0,331	0,248	0,248
Erro	0,459	0,524	0,318	0,174	0,611	0,356	0,828	0,654	0,000	0,000
Média	93,875	68,325	96,252	88,6	7,677	0,388	0,558	0,0497	1,130	1,131

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* Significativo a 2% de probabilidade pelo teste F; <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste de Tukey.

Quando analisaram-se os valores médios das variáveis para o lote 1 é possível afirmar que a concentração de 5,0 mg/L de gás ozônio, comparado a concentração de 10,0 mg/L, obteve melhores resultados nas variáveis: teste padrão de germinação, condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântula, comprimento de folhas cotiledonares e massa fresca, em que houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey, somente no comprimento de plântula e massa fresca que encontramos maiores médias na concentração de 10,0 mg/L (Tabela 7). O mesmo ocorre no lote 2, em que grande parte das variáveis apresentam médias estatisticamente maiores com concentração de 5,0 mg/L (Tabela 8).

De acordo com Moscon (2015), os estádios diferentes de maturação das sementes de quinoa, em conjunto com o processo de armazenamento, afeta a qualidade fisiológica das mesmas, sendo as precoces as mais afetadas. Neste experimento, o lote 1 é formado por sementes de estágio de maturação precoce, enquanto que as do lote 2 são intermediárias e observando as Tabelas 2 a 5 é possível confirmar que a qualidade fisiológica dessas sementes é inferior comparados aos lotes 3 e 4 (tardio).

As variáveis condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântula e matéria fresca com período 60 minutos de exposição ao gás ozônio na concentração de 5,0 mg/L, obtiveram maiores médias, sendo que a condutividade elétrica quanto maior a média, maior a degradação e menor a integridade das membranas, resultando em um menor vigor e maior número de plântulas anormais (CUNHA, 2014).

Na concentração 10,0 mg/L ocorreu o oposto, a qualidade fisiológica das sementes foi afetada nos períodos de maior tempo de exposição, 45 e 60 minutos no teste padrão de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e comprimento de plântula. Nas variáveis condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação, comprimento de folhas cotiledonares e matéria fresca a testemunha obteve maiores médias, enquanto MS apresentou maior média nos períodos de 15 e 30 minutos (Tabela 7).

É possível verificar que o lote 1 obteve uma elevação na qualidade fisiológica das sementes na concentração 5,0 mg/L e em maior período de exposição, porém há uma deterioração da membrana, o que elevou a condutividade elétrica e o comprimento de folhas cotiledonares também foi comprometido. Na concentração de 10,0 mg/L as

sementes não ozonizadas (0 min) e aquelas expostas ao gás por 30 minutos obtiveram melhores resultados.

**Tabela 7.** Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo precoce (Lote 1) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018

Concentração (mg/L)	Período de exposição (min)				
	0	15	30	45	60
<b>Teste padrão de germinação (%)</b>					
5	91,25 ± 6,60Aa	92,00 ± 4,32Aa	90,00 ± 3,26Aa	90,00 ± 3,26Aa	97,25 ± 0,95Aa
10	91,25 ± 6,60Aa	75,25 ± 1,89Bb	88,75 ± 1,89Aa	74,00 ± 2,82Bb	61,25 ± 6,80Cb
<b>Condutividade elétrica (<math>\mu</math> Scm<sup>-1</sup>)</b>					
5	67,50 ± 0,57Aba	66,75 ± 5,43ABa	63,00 ± 2,94Ba	66,25 ± 2,87ABa	71,75 ± 3,86Aa
10	67,50 ± 0,57Aa	56,00 ± 1,41Bb	57,75 ± 0,95Ba	63,50 ± 5,44ABa	63,00 ± 6,37ABb
<b>Índice de velocidade de germinação (%)</b>					
5	89,31 ± 6,89Aba	92,45 ± 5,13ABa	91,375 ± 2,42Aa	87,62 ± 7,20Ba	98,18 ± 2,55Aa
10	89,31 ± 6,89Aa	76,47 ± 2,08Bb	90,10 ± 2,62Aa	71,87 ± 3,82BCb	63,31 ± 6,61Cb
<b>Envelhecimento acelerado (%)</b>					
5	87,00 ± 7,02Aa	78,50 ± 11,35Aa	84,50 ± 3,41Aa	79,50 ± 5,97Aa	90,50 ± 3,41Aa
10	87,00 ± 7,02Aa	77,00 ± 11,83ABa	79,50 ± 3,00ABa	68,00 ± 9,52Ba	72,00 ± 13,56ABb
<b>Comprimento de plântula (cm)</b>					
5	5,47 ± 0,23Ba	5,83 ± 0,24Ba	6,23 ± 0,34Ba	5,55 ± 0,57Ba	7,95 ± 0,10Aa
10	5,47 ± 0,23ABCa	6,22 ± 1,16ABa	6,65 ± 0,47Aa	4,47 ± 1,54Ca	5,04 ± 1,18BCb
<b>Comprimento folhas cotiledonares (cm)</b>					
5	0,4025 ± 0,036Aba	0,41 ± 0,016ABa	0,4375 ± 0,017Aa	0,3525 ± 0,036Ba	0,39 ± 0,028ABa
10	0,4025 ± 0,036Aa	0,28 ± 0,021Cb	0,3525 ± 0,0049ABb	0,3 ± 0,037BCb	0,255 ± 0,04Cb
<b>Matéria fresca (g)</b>					
5	0,6634 ± 0,058Aba	0,6935 ± 0,022Aa	0,57 ± 0,047Ba	0,64 ± 0,075ABa	0,743 ± 0,059Aa
10	0,6634 ± 0,058Aa	0,42 ± 0,028Bb	0,36 ± 0,024Bb	0,311 ± 0,055Bb	0,364 ± 0,086Bb
<b>Matéria seca (g)</b>					
5	0,028 ± 0,004Aba	0,036 ± 0,0156ABa	0,046 ± 0,020Ab	0,019 ± 0,0018Bb	0,030 ± 0,01ABa
10	0,028 ± 0,0040Ba	0,044 ± 0,0063ABa	0,063 ± 0,0009Aa	0,0422 ± 0,0019Ba	0,038 ± 0,009Ba

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 8 apresenta os valores médios das variáveis para o lote 2 de acordo com o tratamento e o período de exposição, nota-se que as médias do teste padrão de germinação foram afetadas na concentração de 10,0 mg/L, em que o controle apresentou maior média, enquanto que em menor concentração no período de 60 minutos apresentou maior média, porém não diferiu estatisticamente aos outros períodos de exposição.

A condutividade elétrica no período de 15 minutos de exposição em maior concentração apresentou menor média e valor-p significativo ( $p < 0,05$ ) comparados as

duas concentrações e as demais médias, mesmo que não diferindo estatisticamente, obteve redução nas médias nessa concentração. A concentração 5,0 mg/L obteve maior média com exposição de 60 minutos ao gás e também no controle, no índice de velocidade de germinação.

O gás ozônio aplicado em menor concentração (5mg/L) produziu menor efeito negativo no crescimento de plântula, no comprimento de folhas cotiledonares e na massa fresca, enquanto em maior concentração, teve efeito positivo na matéria seca.

Verifica-se que o lote 2 obteve uma elevação na qualidade fisiológica das sementes na concentração 5,0 mg/L com 45 minutos de exposição ao gás, sem comprometimento com a membrana, mantendo a média de condutividade elétrica entre os períodos. Em maior concentração o controle obteve melhor resultado.

**Tabela 8.** Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo intermediário (Lote 2) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018

Concentração (mg/L)	Período de exposição (min)				
	0	15	30	45	60
<b>Teste padrão de germinação (%)</b>					
5	94,00 ± 5,65Aa	92,00 ± 2,82Aa	89,25 ± 0,95Aa	90,00 ± 5,65Aa	96,75 ± 0,95Aa
10	94,00 ± 5,65Aa	78,75 ± 7,36Bb	78,75 ± 4,99Bb	70 ± 2,82BCb	68 ± 1,82Cb
<b>Condutividade elétrica (µScm<sup>-1</sup>)</b>					
5	62,75 ± 1,25Aa	62,25 ± 4,031Aa	63,00 ± 2,16Aa	65,75 ± 6,60Aa	64,00 ± 2,16Aa
10	62,75 ± 1,25Aa	56,00 ± 5,35Ab	62,75 ± 2,62Aa	62,50 ± 2,51Aa	60,25 ± 2,36Aa
<b>Índice de velocidade de germinação (%)</b>					
5	97,16 ± 5,48Aa	95,08 ± 2,01ABa	90,47 ± 1,93Ba	92,00 ± 7,36Ba	100,52 ± 1,04Aa
10	97,16 ± 5,48Aa	80,02 ± 5,82Bb	76,85 ± 5,38BCb	67,29 ± 0,72Cb	68,70 ± 2,39Cb
<b>Envelhecimento acelerado (%)</b>					
5	90,00 ± 1,63ABa	91,00 ± 4,76ABa	76,5 ± 12,04Bb	94,00 ± 4,00Aa	88,50 ± 5,25ABa
10	90,00 ± 1,63Aa	89,00 ± 2,58Aa	91,00 ± 2,00Aa	91,00 ± 5,29Aa	91,5 ± 1,91Aa
<b>Comprimento de plântula (%)</b>					
5	7,64 ± 0,07Aa	7,44 ± 0,49ABa	6,17 ± 0,31Ba	7,79 ± 0,10Aa	6,96 ± 0,13ABa
10	7,64 ± 0,07Aa	5,69 ± 1,79Bb	5,80 ± 0,28Ba	5,97 ± 0,51Bb	6,83 ± 0,68ABa
<b>Comprimento das folhas cotiledonares (%)</b>					
5	0,38 ± 0,02Aa	0,39 ± 0,01Aa	0,34 ± 0,01Aa	0,40 ± 0,01Aa	0,40 ± 0,02Aa
10	0,38 ± 0,02Aa	0,29 ± 0,07Bb	0,31 ± 0,02ABa	0,34 ± 0,03ABb	0,34 ± 0,009ABb
<b>Matéria fresca (g)</b>					
5	0,52 ± 0,10ABa	0,59 ± 0,006Aa	0,43 ± 0,06Ba	0,64 ± 0,03Aa	0,54 ± 0,05ABa
10	0,52 ± 0,10Aa	0,42 ± 0,09Ab	0,43 ± 0,020Aa	0,49 ± 0,039Ab	0,527 ± 0,032Aa
<b>Matéria seca (g)</b>					
5	0,034 ± 0,01ABa	0,02 ± 0,005Bb	0,03 ± 0,006ABa	0,05 ± 0,017Aa	0,04 ± 0,008Aa
10	0,03 ± 0,01Aa	0,04 ± 0,01Aa	0,04 ± 0,005Aa	0,05 ± 0,002Aa	0,05 ± 0,001Aa

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes de plantas tardias submetidas à concentração de 10,0 mg/L apresentaram efeitos significativos nas variáveis condutividade elétrica, comprimento de plântula, matéria fresca e matéria seca. Apresentou melhores médias em condutividade elétrica, com médias reduzidas em todos os períodos de exposição. No teste padrão de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado com maior concentração e maior período de exposição apresentaram maiores médias, enquanto que no comprimento de plântula, comprimento de folhas cotiledonares e matéria seca também apresentaram maiores médias em maior concentração, porém nos períodos de 15 a 45 minutos de exposição (Tabela 9).

Os parâmetros na qual não obtiveram diferenças estatísticas, não são apresentados a Tabela 8. Assim, estes foram avaliados isoladamente entre os fatores de concentração, neste somente o comprimento de folhas cotiledonares apresentou diferenças significativas.

Em resumo, o lote 3, por ser um lote com sementes tardias, já apresentavam qualidade superiores as sementes dos lotes 1 e 2. Não havendo perda da qualidade quando exposto ao tratamento, mantendo sua qualidade e em certos parâmetros elevando sua qualidade. Apresentando melhores resultados no controle e na concentração 5,0 mg/L, pelo período de 45 minutos e em maior período de exposição. Em maior concentração o controle e a exposição ao gás por 30 minutos obtiveram melhores resultados. Ainda de acordo com a Tabela 9, é possível observar que no teste padrão de germinação não diferiu estatisticamente quanto ao período de tempo na concentração de 5,0 mg/L.

**Tabela 9.** Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo tardio 1 (Lote 3) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018

Concentração (mg/L)	Período de exposição (min)				
	0	15	30	45	60
<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{Scm}^{-1}</math>)</b>					
5	69,00 $\pm$ 4,89Ba	67,75 $\pm$ 2,06Ba	77,75 $\pm$ 2,63Aa	67,75 $\pm$ 3,86Ba	72 $\pm$ 3,74ABa
10	69,00 $\pm$ 4,89Aa	65,25 $\pm$ 2,50Aa	63,75 $\pm$ 0,95Ab	67,75 $\pm$ 3,09Aa	63,25 $\pm$ 4,03Ab
<b>Comprimento de plântula (cm)</b>					
5	7,89 $\pm$ 0,23Aa	6,93 $\pm$ 0,67Ab	6,40 $\pm$ 0,58Ab	6,92 $\pm$ 0,59Ab	6,87 $\pm$ 0,24Aa
10	7,89 $\pm$ 0,23BCa	8,60 $\pm$ 0,098ABa	8,87 $\pm$ 0,36Aa	9,64 $\pm$ 0,69Aa	6,74 $\pm$ 1,97Ca
<b>Matéria fresca (g)</b>					
5	0,66 $\pm$ 0,01Aa	0,60 $\pm$ 0,08Aa	0,63 $\pm$ 0,06Aa	0,69 $\pm$ 0,08Aa	0,63 $\pm$ 0,02Aa
10	0,66 $\pm$ 0,01Aa	0,38 $\pm$ 0,01Bb	0,46 $\pm$ 0,05Bb	0,45 $\pm$ 0,03Bb	0,38 $\pm$ 0,05Bb
<b>Matéria seca (g)</b>					
5	0,04 $\pm$ 0,006Aa	0,03 $\pm$ 0,008Bb	0,02 $\pm$ 0,021Bb	0,05 $\pm$ 0,013Aa	0,02 $\pm$ 0,003Bb
10	0,04 $\pm$ 0,006Aa	0,06 $\pm$ 0,0024Aa	0,06 $\pm$ 0,003Aa	0,06 $\pm$ 0,006Aa	0,05 $\pm$ 0,006Aa

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas sementes de planta tardias 1 (lote 4) se observaram perdas em qualidade quando submetido a concentração 10,0 mg/L, os valores médios de índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântula e comprimento de folhas cotiledonares. A concentração 5,0 mg/L elevou as médias das variáveis: teste padrão de germinação, índice de velocidade de germinação e massa seca quando exposto a um período de 60 minutos e até 45 minutos nas variáveis matéria fresca. A condutividade elétrica, em que menores médias, apresentam melhor qualidade das sementes, na concentração de 10,0 mg/L por até 45 minutos de exposição as sementes apresentaram menores médias (Tabela 10).

É possível observar então que o controle obteve melhores médias e na concentração de 5,0 mg/L com 60 minutos de exposição.

**Tabela 10.** Qualidade fisiológica de sementes de plantas de ciclo tardio 2 (Lote 4) de quinoa, submetido a duas concentrações de ozônio e períodos de exposição. Brasília - DF, 2018

Concentração (mg/L)	Período de exposição (min)				
	0	15	30	45	60
<b>Teste padrão de germinação (%)</b>					
5	95,25±1,892Aa	90±1,632Cb	90,75±2,5BCa	94±0,816ABa	96,75±0,957Aa
10	95,25±1,892Aa	93,25±2,5ABa	92,5±1ABa	94±0,816ABa	90,75±0,957Bb
<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{Scm}^{-1}</math>)</b>					
5	77,00 ±6,68Ba	68,75 ±1,70Ba	77,00 ±14,23Ba	92,00 ±9,09Aa	75,00 ±4,89Bb
10	77,00 ±6,68ABa	67,00 ±4,32Ba	66,25 ±1,25Bb	64,75 ±4,11Bb	88,75 ±9,10Aa
<b>Índice de velocidade de germinação (%)</b>					
5	95,98±1,37ABa	89,75±3,62Cb	92,27±2,18BCa	96,16±0,5ABa	100,27±1,29Aa
10	95,97±1,37Aa	93,89±3,27ABa	91,23±2,46Ba	90,79±1,65Bb	91,77±1,39ABb
<b>Envelhecimento acelerado (%)</b>					
5	84,00 ±1,63Aa	81,50 ±7,18ABa	76,50 ±6,60ABCa	79,50 ±9,57ABa	63,00 ±4,76Ca
10	84,00 ±1,63Aa	63,50 ±5,50BCb	52,00 ±7,65Cb	63,50 ±9,29BCb	66,50 ±7,72Ba
<b>Comprimento de plântula (cm)</b>					
5	6,80 ±0,72Aa	6,36 ±0,51Aa	6,62 ±0,61Aa	7,38 ±0,40Aa	6,45 ±0,13Aa
10	6,80 ±0,72Aa	4,42 ±0,08Bb	3,98 ±1,29Bb	4,08 ±0,80Bb	4,91 ±0,73Bb
<b>Comprimento das folhas cotiledonares (cm)</b>					
5	0,45 ±0,08Aa	0,38 ±0,02Aa	0,46 ±0,048Aa	0,36 ±0,041Aa	0,44 ±0,08Aa
10	0,45 ±0,08Aa	0,32 ±0,017Ba	0,34 ±0,03ABb	0,35 ±0,064ABa	0,34 ±0,06ABb
<b>Matéria fresca (g)</b>					
5	0,55 ±0,12ABCa	0,62 ±0,02ABa	0,52 ±0,045ABCa	0,64 ±0,10Aa	0,36 ±0,045Cb
10	0,55 ±0,12Aa	0,66 ±0,042Aa	0,61 ±0,22Aa	0,49 ±0,059Aa	0,58 ±0,11Aa
<b>Matéria seca (g)</b>					
5	0,03 ±0,0068Aa	0,04 ±0,01Ab	0,04 ±0,009Aa	0,03 ±0,014Ab	0,05 ±0,014Ab
10	0,03 ±0,0068Ca	0,07 ±0,003ABa	0,05 ±0,009BCa	0,07 ±0,005Aa	0,08 ±0,004Aa
<b>Incidência de <i>Fusarium</i> (%)</b>					
5	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Ab	1,003±0,007Aa
10	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Aa	1,107±0,2Aa	1,003±0,007Aa
<b>Incidência de <i>Aspergillus</i> (%)</b>					
5	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Ab	1,003±0,007Aa	1,003±0,007Ab	1,003±0,007Aa
10	1,003±0,007Ba	1,469±0,347Aa	1,003±0,007Ba	1,286±0,355ABa	1,003±0,007Ba

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento comum nos lotes de sementes de quinoa ao tratamento com o gás ozônio foi a elevação da qualidade fisiológica com a exposição ao gás na concentração 5,0 mg/L em até 60 minutos. Quando se elevou para 10,0 mg/L houve perda da qualidade. Isso pode ser justificado pelo fato de que o ozônio apresentar potencial de degradação da membrana celular (CAJAMARCA, 2015), fazendo com que haja liberação de íons, elevando a condutividade elétrica.

A membrana celular na semente tem como umas das funções o movimento transmembranar de solutos selecionados. É formada por uma bicamada de moléculas de lipídios e proteínas unidas por interações não-covalentes (ALBERTS et al., 2010). A degradação ocorre com a presença do ozônio, iniciando o processo de modificação química de amido. Em algumas espécies que apresentam dormência esse processo oxidativo facilita o processo de germinação (FERNANDES et al., 2017).

No processo de germinação da quinoa, o embrião é envolvido pelo perisperma e formado por células cotiledonares. E essas células apresentam uma estrutura complexa consistido por lipídios, proteínas, núcleos e outras organelas necessárias para realizar as funções degradativas e sintéticas envolvidas na transformação da semente em uma planta (VARRIANO-MASRSTON; DEFRANCISCO, 1984).

Em quinoa, durante a germinação, o embrião desenrola e os cotilédones se separam, mas sem alterar a estrutura do perisperma (VARRIANNOMASRSTON & DEFRANCISCO, 1984). As células embrionárias são cercadas por ribossomos, que sintetizam proteína, e vacúolos centrais, resultados da hidrólise de lipídios e proteínas. Durante o processo de germinação as proteínas são transformadas que os lipídios. Estes são afetados com a ação do gás ozônio, reduzindo seus teores, inibindo a biossíntese e ativação das enzimas lipolítica, diminuição do teor de ácido linolênico e peroxidação lipídica (REBOUÇAS, 2014).

Conhecidos os efeitos de ozônio em sementes interfere-se que a exposição da quinoa a elevadas concentrações de ozônio e em longos períodos causa um estresse com redução na germinação. Isso se refletindo no baixo índice de velocidade de germinação, consequentemente elevando a condutividade elétrica, reduzindo o número de plântulas normais e assim a matéria fresca e seca. No teste de envelhecimento acelerado esses efeitos apresentam maior magnitude.

Quando expostas ao gás ozônio na concentração de 5,0mg/L por até 60 minutos, há um benefício na qualidade das sementes. Apresentam maiores médias de germinação, índice de velocidade de germinação, maior número de plântulas normais com maiores médias de matéria fresca e seca. O gás ozônio teria promovido aumento na hidrólise do amido em açúcar, fazendo com que haja uma redução do potencial hídrico. A partir dessa redução houve um aumento da entrada de água na célula, acelerando o processo de germinação e alongação das plântulas. Havendo a necessidade de estudos moleculares e o acompanhamento com o desenvolvimento da planta (VASCONCELLOS et al, 2016; AN & KING, 2009).

### 8.1 QUALIDADE SANITÁRIA DAS SEMENTES DE QUINOA

O tratamento de sementes com ozônio tem sido utilizado em diversas culturas e patógenos, porém para as sementes de quinoa é comumente adequar a quantidade de produtos químicos de outras culturas a essa, não havendo estudos quanto ao uso de ozônio para fins fitossanitários. Os valores foram transformados e escalonados de forma que o valor 1,0, significa que não incidência de fungos com a elevação desse valor há presença desses patógenos.

Nos lotes de sementes de quinoa houve baixa infecção aos fungos *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. Nas sementes de plantas precoces e de ciclo médio as médias não diferiram estatisticamente (Tabela 11).

**Tabela 11.** Médias de sementes infectadas com *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 1. Brasília –DF, 2018

Tratamentos	Concentração de gás ozônio (mg/L)	Período de exposição (min)	Incidência de <i>Fusarium</i> spp. (%)	Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. (%)
Testemunha	-	-	1,18a	1,61 <sup>a</sup>
Gás Ozônio	5	15	1,31a	1,30 <sup>a</sup>
-	-	30	1,59a	1,20 <sup>a</sup>
-	-	45	2,03a	1,89 <sup>a</sup>
-	-	60	1,59a	1,10 <sup>a</sup>
-	10	15	1,80a	1,46 <sup>a</sup>
-	-	30	1,31a	1,45 <sup>a</sup>
-	-	45	1,67a	1,0a
-	-	60	1,00a	1,60 <sup>a</sup>
Fungicida	-	-	1,00a	1,00a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao lote 2, sementes de quinoa de ciclo intermediário, não houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 12).

**Tabela 12.** Médias de sementes infectadas com *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 2. Brasília –DF, 2018

Tratamentos	Concentração de gás ozônio (mg/L)	Período de exposição (min)	Incidência de <i>Fusarium</i> spp. (%)	Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. (%)
Testemunha	-	-	1,00a	1,49 <sup>a</sup>
Gás Ozônio	5	15	1,59a	1,31 <sup>a</sup>
-	-	30	1,31a	1,18 <sup>a</sup>
-	-	45	1,36a	1,18 <sup>a</sup>
-	-	60	1,18a	1,36 <sup>a</sup>
-	10	15	1,00a	1,00a
-	-	30	1,00a	1,00a
-	-	45	1,41a	1,0a
-	-	60	1,18a	1,18 <sup>a</sup>
Fungicida	-	-	1,00a	1,00a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias não diferiram estatisticamente nas sementes de plantas de ciclo tardio 1 (Lote 3) (Tabela 13). Ao passo que o lote 4, sementes de plantas de ciclo tardio 2 apresentou diferença significativa para a concentração 10,0 mg/L com maiores médias da presença do fungo *Aspergillus* spp. (Tabela 14)

**Tabela 13.** Médias de sementes infectadas com *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 3. Brasília –DF, 2018

Tratamentos	Concentração de gás ozônio (mg/L)	Período de exposição (min)	Incidência de <i>Fusarium</i> spp. (%)	Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. (%)
Testemunha	-	-	1,18a	1,18 <sup>a</sup>
Gás Ozônio	5	15	1,18a	1,18 <sup>a</sup>
-	-	30	1,00a	1,18 <sup>a</sup>
-	-	45	1,18a	1,00a
-	-	60	1,18a	1,18 <sup>a</sup>
-	10	15	1,00a	1,00a
-	-	30	1,18a	1,00a
-	-	45	1,18a	1,00a
-	-	60	1,00a	1,18 <sup>a</sup>
Fungicida	-	-	1,00a	1,00a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 14.** Médias de sementes infectadas com *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. em sementes expostas ao gás contendo diferentes concentrações de ozônio no lote 4. Brasília –DF, 2018

Tratamentos	Concentração de gás ozônio (mg/L)	Período de exposição (min)	Incidência de <i>Fusarium</i> spp. (%)	Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. (%)
Testemunha	-	-	1,00a	1,00b
Gás Ozônio	5	15	1,00a	1,00b
-	-	30	1,00a	1,00b
-	-	45	1,00a	1,00b
-	-	60	1,00a	1,00b
-	10	15	1,00a	1,80a
-	-	30	1,00a	1,00b
-	-	45	1,18a	1,49ab
-	-	60	1,00a	1,00b
Fungicida	-	-	1,00a	1,00b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em outras espécies de plantas produtoras de grãos tem-se evidenciado o efeito do gás ozônio sobre a germinação e o controle de fungos em sementes (VIOLLEAU et al., 2007; ABDEL-WAHHAB, 2011; EL-DESOUKY et al., 2012; MARIQUE et al., 2012; BEBER-RODRIGUES, 2013; LUO et al., 2014; SAVI et al., 2014).

## **9. CONCLUSÃO**

Esse tratamento é eficaz no aumento da taxa de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula e foliar. Porém, controle de fungos com o gás ozônio não foi conclusivo, uma vez que as sementes não apresentavam presença desses fungos. O fungicida Carboxin + Thiram (Vitamax-Thiram) utilizado também é eficaz para o controle desses fungos.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-WAHHAB, M.A.; SEHAB, A.F.; HASSANIEN, F.R.; EL-NEMR, Sh., E., AMRA, H.A.; ABDEL-ALIM, H.A. Efficacy of ozone to reduce fungal spoilage and aflatoxin contamination in peanuts. **International Journal of Nuts and Related Sciences**, v.2, n.4, p. 01-14, 2011

ABREU, H. A. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quinoa submetidas ao tratamento químico**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2016.

AHUMADA, A. et al. Saponins of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. **Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm**, v. 45, n. 3, p. 438–469, 2016. DOI: 10.15446/rcciquifa.v45n3.62043.

ALBERTS, B. . et al. **Biologia Molecular da Célula**. 5. ed. Porto alegre: ABDR, 2010.

AN, H.J & KING, J.M Using Ozonation and Amino Acids to Change Pasting Properties of Rice Starch **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**—Vol. 74, Nr. 3, 2009 DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01109.x

AUGUSTO, C.; SBRUSSI, G.; ZUCARELI, C. Germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor em resposta à diferentes temperaturas Germination of corn seeds with different levels of vigor in response to differents temperatures. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 215–226, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p215>

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73–87, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>

BOAS, L.V.V. et al. Antioxidant metabolism of *Chenopodium quinoa* Willd. under salt stress **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.11, n.4, p.281-288, 2016 DOI: 10.5039/agraria.v11i4a53

BORGES, J. T. et al. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS , NUTRICIONAIS E ( *Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas agrarios**, v. 15, p. 9–23, 2010.

BOURGIN, M. **Etude de la décomposition de produits phytosanitaires par l’ozone : Application au traitement des semences déclassées**. [s.l.] Université de Toulouse,

2011.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. 1ª ed. Brasília: MAPA, 2009. v. 6

CAJAMARCA, S. M. N. **OZONIZAÇÃO COMO MÉTODO ALTERNATIVO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO PRODUZIDO EM SISTEMA ORGÂNICO**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2015.

CUNHA, M. DO C. **QUINOA: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES PELO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2014.

DANIELSEN, S.; AMES, T. El mildiu de la Quinoa en la zona andina. **THE ROYAL VETERINARY AND AGRICULTURAL UNIVERSITY CGIAR**, v. 1, p. 38, 2000.

DANTAS, B. F. et al. ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS DURANTE A EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE BARAÚNA. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 214–219, 2008.

FAO. Agricultural production: primary crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 out. 2017.

FERNANDES, H. et al. Exposição de sementes de rabanete a diferentes tempos de tratamento com gás ozônio Helio. **Convibra**, v. 85, p. 7, 2017.

FRANÇOSO, C. F.; BARBEDO, C. J. Tratamentos térmicos e osmóticos para controle de fungos associados a sementes de *Eugenia brasiliensis* e *Eugenia uniflora*. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 77, 2012.

GOTTSCHALK, C.; LIBRA, J. A.; SAUPE, A. **Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone**. 2. ed. [s.l.] WILEY-VCH, 2009 DOI:10.1002/9783527628926 .

HELENO, F. F.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A.; FREITAS, R. S.; FARONI, L. R. D.; OLIVEIRA, A. Effects of ozone fumigation treatment on the removal of residual difenoconazole from strawberries and on their quality. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 49, n. 2, p. 94–101, 2014 DOI: 10.1080/03601234.2014.846736..

JACOBSEN, S. E. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 197, n. 5, p. 390–399, 2011 <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00475.x>

KRZYZANOWSKI, F.C.; NETO, J. B. F. Vigor de sementes. **ABRATES**, v. 11, n. 3, p. 81–84, 2011.

MÄKINEN, O. E.; HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Localisation and development of proteolytic activities in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds during germination and early seedling growth. **Journal of Cereal Science**, v. 60, n. 3, p. 484–489, 2014 DOI: 10.1016/j.jcs.2014.08.009.

MALDANER, H. R. et al. Produção De Sementes De Quinoa No Sul Do Brasil: Variabilidade De Plantas Da Cultivar Brs Piabiru. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 24.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17., 2015, Pelotas. [Anais.]. Pelotas: UFPel, 2015..

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2<sup>a</sup> ed. Londrina, PR: Abrates, 2015.

MCDONALD, G. V. **Ozone (O<sub>3</sub>) efficacy on reduction of *Phytophthora capsici* in recirculated horticultural irrigation water**. [s.l.] Texas A&M University, 2007.

MENDES, M. A. S.; SPEHAR, C. A.; NASSER, L. C. B.; LIMA, E.A. de Luna-Alves. Fungos associados a sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Brasília: Embrapa-Cenargen, 1997 5 p. (Embrapa-Cenargen. Comunicado Técnico, 24).

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotectors and chemical fungicides in the treatment of soybean seeds. **Ciência Rural**, p. 13–18, 2009 DOI: 10.1590/S0103-84782009000100003 .

MICHELLON, E.; SANTOS, A.; JULIANO, R. Breve Descrição do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Etanol Produzido no Brasil Breve Descrição do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Etanol Produzido no Brasil. **Estrutura, Evolução e dinâmica do sistemas alimentares e cadeias agroindustriais.**, p. 1–16, jul. 2008.

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

87p. Dissertação de Mestrado.

MOTA, Bruno Khouri. Avaliação do teste de envelhecimento acelerado, com diferentes metodologias, na determinação do vigor de sementes de quinoa. 2015. iv, 24 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

NAKAGAWA, J. T. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. **FUNEPE**, p. 49–85, 1994.

ORTIZ, M.; INES, D. Studio di adattabilita' culturale della quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) **IN ITALIA SETTENTRIONALE**. [s.l.] Università Cattolica del Sacro Cuore, 2016. [<http://hdl.handle.net/10280/35878>]

PAPPIER, U. et al. Effect of processing for saponin removal on fungal contamination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). **International Journal of Food Microbiology**, v. 125, n. 2, p. 153–157, 2008 DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.039.

PERALES, N. S. B. O boom do consumo e da produção de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): uma análise das mudanças no uso da terra no peru. 2016. 102f. Tese (Doutorado em agronegócio)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v. 82, p. 481–488, 1998 DOI: 10.1006/anbo.1998.0704 .

RAKNESS, K. L. **Ozone in drinking water Treatment: Process design, operation, and optimization**. 1° ed. 320p. American Water Works Association, 2011 ISBN-13: 978-1583213797

REBOUÇAS, Deborah Moura. Estudo do metabolismo de lipídios de membrana e da expressão dos genes relacionados em cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) walp sob estresses abióticos combinados (seca/ozônio). 2014. 162 f. Tese (Doutorado em Bioquímica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. 4.

ROCHA, Juliana Evangelista da Silva. Seleção de genótipos de quinoa com características agronômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade de Brasília, Brasília, 2008

RODRIGUES, V. O. et al. Treating sunflower seeds subjected to ozonization. **Journal of**

**Seed Science**, v. 37, n. 3, p. 202–210, 2015 DOI: 10.1590/2317-1545v37n3148582 .

RODRÍGUEZ, J. C. et al. Desenvolvimento fúngico e produção de micotoxinas em milho armazenado em bolsas plásticas inoculado com esporas de *Aspergillus* spp. **IpesaSilo**, n. 1997, p. 10, 2001.

SILVA, A. P. DA; LOURENÇO JR, V. Ocorrência de fungos em sementes de cinco linhagens brasileiras de quinoa (Ocorrência de fungos em sementes de quinoa). **Campo Digital**, v. 4, n. 1, p. 137–141, 2009.

SOUZA, F. F. DE J. **Descrição de estádios fenológicos, maturação, qualidade fisiológica de sementes e diversidade genética em quinoa**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2017.

SOUZA et al **Accelerated ageing test for the evaluation of quinoa seed vigour** *Seed Sci. & Technol.*, 45, 1, 1-10 2017 DOI: 10.15258/sst.2017.45.1.18

SPEHAR, CARLOS ROBERTO; SANTOS, R. L. DE B. NOVAS CULTIVARES Quinoa BRS Piabiru : alternativa para diversificar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 889–893, jun. 2002.

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

SPEHAR, C. R. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA-Cerrados, 2007.

STRENAKE , A. et al Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 83-88, Jan.-Mar., 2017 DOI: 10.4025/actasciagron.v39i1.30989

STUARDO, M.; SAN MARTÍN, R. Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. **Industrial Crops and Products**, v. 27, n. 3, p. 296–302, 2008 DOI: 10.1016/j.indcrop.2007.11.003

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. Quinoa. In: **Encyclopedia of food science Nutrition**. 1. ed. B. Caballero: Academic Press, 2003. p. 4895–4902 DOI: 10.1016/B0-12-227055-X/00995-0.

VARRIANO-MASRSTON, E.; DEFRANCISCO, A. Ultrastructure of Quinoa Fruit (*Chenopodium quinoa* Willd) ULTRASTRUCFVRE OF QUINOA FRUIT (*Chenopodium quinoa* Willd). **Journal of Food Structure FOOD MICROSTRUCTURE**, v. 3, n. 3, p. 165–173, 1984.

WOLDEMICHAEL, G.; WINK, M. Identification and biological actives os triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. **J. Agric. Food Chem**, v. 49, p. 2327–2332, 2001  
PMID:11368598