



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL

CURSO DE AGRONOMIA

ALESSANDRO WILLENS

**INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM BAIXO OXIGÊNIO SOBRE A
QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO CRIOULO**

LARANJEIRAS DO SUL

2016

ALESSANDRO WILLENS

**INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM BAIXO OXIGÊNIO SOBRE A
QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO CRIOULO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Weber

LARANJEIRAS DO SUL

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Willens, Alessandro

Influência do armazenamento em baixo oxigênio sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de milho crioulo/ Alessandro Willens. -- 2016.

61 f.:il.

Orientador: Josuel Alfredo Vilela Pinto.

Co-orientador: Anderson Weber.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Laranjeiras do Sul, PR, 2016.

1. Atmosfera controlada. 2. Temperatura. 3. Umidade. 4. Vigor. I. Pinto, Josuel Alfredo Vilela, orient. II. Weber, Anderson, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

ALESSANDRO WILLENS

**INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM BAIXO OXIGÊNIO SOBRE A
QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO CRIULOLO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul.

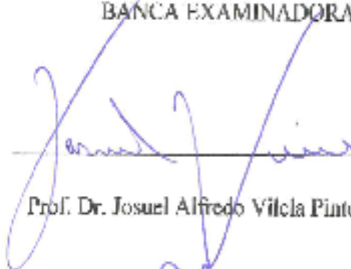
Orientador: Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Weber

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

17.06.2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto- UFFS



Prof. Dra. Silvia Machado Coelho- UNIOESTE



Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bononi- UFFS

Dedico aos meus familiares e amigos, em especial à meu pai Valdir e minha mãe Amélia, meu avô Valdomiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida, saúde e oportunidade de cursar o ensino superior.

Agradeço à minha família, meu pai Valdir, minha mãe Amélia e minha irmã Vanessa por todo o amor, apoio, ajuda e dedicação para que eu pudesse realizar este sonho.

Agradeço aos meus avós, Valdomiro e Elói Willens, por todo o apoio e ajuda oferecido nos momentos difíceis.

Agradeço ao professor Josuel, que além de orientador tornou-se um amigo e grande incentivador do meu trabalho.

Agradeço ao professor Anderson por toda a ajuda e incentivo para a realização desse trabalho.

Agradeço à todos os professores da Universidade Federal da Fronteira Sul que de alguma maneira colaboraram para minha formação.

Agradeço à todos meus amigos que sempre me ajudaram e motivaram para concluir este trabalho, em especial à Danieli Chitolina, Eliziane Scariot, Antonio Pavlak, Dalila Fabiane Kurpel, Jacqueline Romero e Neuton Moreira.

Agradeço à técnica de laboratório Silvana por toda a ajuda.

Agradeço à todos meus familiares que de alguma maneira me ajudaram e acreditaram em mim.

“É muito melhor lançar- se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo- se ao fracasso, do que alinhar- se com os pobres de espirito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt).

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, porém, ainda são observadas baixas produtividades em consequência da qualidade das sementes, que armazenadas em condições inadequadas perdem germinação e vigor, afetando o estande inicial e o número de plantas por hectare, conseqüentemente, afetando a produtividade do milho. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do armazenamento em atmosfera controlada com baixa concentração de oxigênio sobre a qualidade física, fisiológica e vigor de sementes de milho crioulo. O experimento contou com um total de 5 tratamentos, e diferentes concentrações de oxigênio, 1,5 kPa, 3 kPa, 6 kPa, 12 kPa e 21 kPa. As sementes foram armazenadas por 6 meses em câmaras com as diferentes concentrações de O₂, mantidas em umidade relativa do ar constante, 60%, e temperatura de 25°C. Avaliou-se as características das sementes através de testes de germinação e vigor: condutividade elétrica, porcentagem de sementes danificadas por gorgulho, envelhecimento acelerado, germinação, peso de mil sementes, respiração, tamanho da parte aérea de plântula, teor de umidade, tetrazólio e índice de velocidade de emergência. Os testes foram realizados no início do armazenamento, após 3 meses e no final, com 6 meses de armazenamento. Comparando os resultados, teste de Tukey a 5%, ficou evidente o efeito sobre a germinação e vigor de sementes submetidas aos tratamentos com baixo O₂, 1,5 kPa e 3 kPa, mantendo principalmente a porcentagem de germinação semelhante à obtida no teste inicial, próximo à 96%, além disso, demonstrou-se de forma clara a preservação do vigor das sementes, observados nos testes de IVE e tamanho de plântula, onde os mesmos tratamentos com baixo O₂ apresentaram melhores resultados. Outro fator importante da utilização de baixo O₂ durante o armazenamento foi o controle de *Sitophilus zeamais*, evitando danos às sementes. Dessa forma conclui-se após a realização do trabalho que a utilização de baixo O₂ para armazenamento de sementes, e possivelmente de grãos, é uma alternativa viável e eficiente para manutenção da germinação e vigor das sementes, bem como alternativa para controle das pragas de pós-colheita.

Palavras-chave: Atmosfera controlada. Temperatura. Umidade. Vigor.

Abstract

Brazil is one of the largest producers of corn in the world, however, are still observed low productivity as a result of the quality of seeds, which stored incorrectly lose germination and vigor, affecting the initial stand and the number of plants per hectare, thus affecting corn productivity. The aim of this study was to evaluate the effects of storage in controlled atmosphere with low oxygen concentration on the physical, physiological quality and vigor of seed creole corn. The experiment had a total of 5 treatments, and different concentrations of oxygen, 1.5 kPa 3 kPa, 6 kPa, 12 kPa and 21 kPa. The seeds were stored for 6 months in chambers with different concentrations of O₂, kept in the constant air relative humidity 60%, and 25 ° C. We evaluated the characteristics of the seed through germination and vigor tests: electrical conductivity, percentage of seeds damaged by weevils, accelerated aging, germination, weight of a thousand seeds, breathing, size of the aerial part of seedling, moisture content, tetrazolium and emergency speed index. The tests were performed at the beginning of storage and after 3 months and at the end of 6 months of storage. Comparing the results, 5% Tukey test, it became clear the effect on germination and vigor of seeds subjected to treatment with low O₂, 1.5 kPa and 3 kPa, mainly keeping the germination percentage similar to that obtained in the initial test, near 96%. Furthermore, it was demonstrated clearly the maintenance of seed vigor observed in the IVE test and seedling size where the same treatments with low O₂ showed better results. Another important factor in the use of low O₂ during storage was *Sitophiluszeamais* control, preventing damage to the seeds. Thus, it is concluded after the completion of the work that the use of low O₂ for storing seeds, and possibly grains, is a viable and effective alternative to maintaining the germination and vigor, as well as an alternative for the control of pests after harvest.

Key words: Controlled atmosphere. Temperature. Humidity. Streng.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica de curvas de adsorção e dessorção indicando o fenômeno de histerese 19

Figura 2: Representação esquemática de relações entre eventos metabólicos em sementes e respectivos níveis de hidratação. Setas indicam a abrangência da influencia dos tipos de água 23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Teor de umidade das sementes após 6 meses de armazenamento	34
Gráfico 2: Peso em gramas de mil sementes	35
Gráfico 3: Teste de envelhecimento acelerado com 48 horas de exposição à temperatura de 43°C e alta umidade	37
Gráfico 4: Porcentagem de germinação em diferentes períodos de armazenamento	39
Gráfico 5: Porcentagem de sementes viáveis pelo teste do tetrazólio	41
Gráfico 6: Teste de condutividade elétrica em sementes de milho	43
Gráfico 7: Taxa respiratória das sementes imediatamente após a abertura das câmaras de armazenamento	44
Gráfico 8: Velocidade de emergência das sementes semeadas em areia imediatamente após a retirada das câmaras de armazenamento	46
Gráfico 9: Velocidade de emergência das sementes semeadas em areia após 6 meses de armazenamento + uma semana de <i>Shelf life</i>	46
Gráfico 10: Comprimento em centímetros da parte aérea de plântulas com 7 dias após a semeadura	47
Gráfico 11: Porcentagem de sementes danificadas pelo ataque de gorgulho (<i>Sitophilus zeamais</i>) durante o armazenamento.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção mundial de milho (milhões de toneladas).....	18
Tabela 2: Teor de umidade de diversos grãos em equilíbrio com diferentes níveis de umidade relativa à temperatura de 23°C	20
Tabela 3: Teor máximo de umidade das sementes para armazenamento de até 1 ano	26
Tabela 4: Descrição dos tratamentos utilizados, concentrações de oxigênio, umidade relativa e temperatura de armazenamento	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1	IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO	17
4.2	SEMENTE	18
4.2.1	Condutividade térmica	18
4.2.2	Histerese	19
4.2.3	Equilíbrio higroscópico	20
4.2.4	Formas de água na semente	20
4.2.5	Massa porosa	22
4.2.6	Teor de água e atividades fisiológicas	22
4.3	DETERIORAÇÃO DAS SEMENTES	23
4.3.1	Causas da deterioração	24
4.3.2	<i>Sitophilus zeamais</i>	24
4.4	ARMAZENAMENTO	25
4.4.1	Teor de umidade dos grãos	25
4.4.2	Temperatura de armazenagem	26
4.4.3	Atmosfera controlada	27
5	MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1	LOCAL DO EXPERIMENTO	27
5.2	ESPÉCIE UTILIZADA	28
5.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	28
5.4	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	28
5.4.1	Condutividade elétrica	29
5.4.2	Percentual de sementes danificadas por gorgulho	30
5.4.3	Envelhecimento acelerado	30
5.4.4	Germinação	31
5.4.5	Peso de 1000 sementes	31

5.4.6	Respiração	31
5.4.7	Tamanho de plântula	32
5.4.8	Teor de umidade	32
5.4.9	Teste de tetrazólio	32
5.4.10	Índice de velocidade de emergência	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1	TEOR DE UMIDADE E PESO DE MIL SEMENTES.....	34
6.2	ENVELHECIMENTO ACELERADO.....	36
6.3	TESTE DE GERMINAÇÃO E DE TETRAZÓLIO.....	38
6.4	TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	42
6.5	TESTE DE RESPIRAÇÃO, VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA E TAMANHO DE PLÂNTULA.....	44
6.6	DANOS POR GORGULHO.....	48
7	CONCLUSÕES	50
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido em todo o mundo. Segundo informações divulgadas pelo relatório de oferta e demanda do DEAGRO (2016) a produção mundial do cereal na safra 2014/2015 foi de 991,9 milhões de toneladas.

A produção brasileira de milho na safra 2014/2015 superou 84 milhões de toneladas, mantendo o país na posição de terceiro maior produtor mundial do cereal, atrás somente da China, com uma produção de 215,5 milhões de toneladas e do EUA, maior produtor mundial, com uma produção de 361,1 milhões de toneladas (DEAGRO, 2016).

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de milho, o Brasil ainda apresenta uma produtividade média por área muito baixa (ANDREOLI, et. al., 2002), ficando na safra 2013/2014, a média nacional em 5.400 kg ha⁻¹ (PEIXOTO, 2014), enquanto a média do EUA atingiu 10.070 kg ha⁻¹ (DEAGRO, 2015). Uma das justificativas para a baixa média produtiva do milho no Brasil é seu cultivo por grande número de pequenos produtores, os quais estão inseridos em um modelo produtivo empregador de baixa tecnologia, com técnicas de plantio e tratos culturais inadequados (MARÇALLO, 2006).

Outro fator importante, que determina baixas produtividades, é a qualidade da semente, que, conseqüentemente, afeta o estande inicial e o número de plantas por hectare (TEKRONY e EGLI, 1991). Tekrony e Egli (1991) ainda enfatizam que um dos maiores problemas para a agricultura é utilizar sementes que não podem expressar seu potencial genético de produção e, segundo diversos autores, a baixa qualidade das sementes afeta o vigor das plântulas, o estande, e conseqüentemente a produtividade (ANDREOLI e ANDRADE, 1988; BRACKMANN, et al., 2002; MACHADO, 2002; MELO et al., 2006; PERRY, 1972; SANTIPRACHA, et. al., 1997).

Vários são os registros de produtores, muitos dos quais, empregadores de alta tecnologia em seus cultivos, que vêm sofrendo sérias perdas por utilização de sementes de baixa qualidade. Caetano (2016) afirma que a legislação garante lotes de sementes com germinação mínima de 80%, mas não refere-se à idade ou vigor das sementes, o que pode ser afetado pela condição de transporte e armazenagem.

Um dos fatores para a conservação da qualidade fisiológica das sementes está no armazenamento, estando relacionada ao seu grau de umidade, umidade relativa do ar,

temperatura e concentração de oxigênio (MARÇALLO, 2006). Alencar et al. (2005) define o armazenamento como um ecossistema onde mudanças qualitativas e quantitativas podem ocorrer pela interação dos fatores físicos, químicos e biológicos.

A preservação das características fisiológicas das sementes é favorecida com a diminuição da atividade metabólica, estando dependente da redução no grau de umidade da semente, na umidade relativa do ar, na temperatura e na concentração de oxigênio (ROBERTS, 1972; MARÇALLO, 2006). Além dessas características abióticas, a presença de microrganismos, insetos e ácaros contribuem significativamente para a deterioração das sementes, promovendo perda de peso, aquecimento da massa e conseqüentemente aumento da atividade respiratória das sementes (ALENCAR, et al., 2005). Grisi e Santos (2007) afirmam que, após a colheita, o armazenamento das sementes constitui etapa fundamental para a preservação da qualidade, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar a influência do armazenamento em diferentes concentrações de oxigênio sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos do armazenamento em atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de milho crioulo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a concentração ideal de oxigênio para o armazenamento de sementes de milho.
- Avaliar e comparar a qualidade de sementes pré e pós- armazenamento por longo período.
- Avaliar a qualidade fisiológica das sementes com testes laboratoriais- peso de mil sementes, porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, teste de tetrazólio, plântulas normais, eletrólitos lixiviados e tamanho de parte aérea.
- Avaliar a ocorrência de danos causados por *Sitophilus zeamais* durante o período de armazenagem.

3 JUSTIFICATIVA

As condições de armazenamento das sementes influenciam na qualidade fisiológica das sementes (RAZERA, et. al., 1986). Evidencia-se que nas condições de armazenamento, a temperatura e a umidade relativa do ar são fatores fundamentais (TONIN e PEREZ, 2006).

Em geral, há perda da qualidade das sementes armazenadas com o aumento da temperatura e da umidade relativa do ar, pois, quanto maior a temperatura e umidade relativa, maior a taxa metabólica das sementes (BIBLIA et.al., 1994), resultando em perda de qualidade, sendo uma das maiores limitações principalmente em regiões de clima tropical (CORRÊA, et. al., 2005).

Outro fator importante é a concentração de oxigênio (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), que em concentrações baixas retarda a taxa respiratória do produto, reduzindo também a perda de qualidade (BRACKMANN, et al. 2002).

Para que o problema de conservação de sementes de milho seja minimizado é necessário saber qual a concentração ideal de oxigênio na atmosfera de armazenagem para então desenvolver uma metodologia de estocagem que mantenha as características das sementes, aumentando a vida útil do produto e garantindo uma melhor produtividade à campo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays L.*) é uma espécie da família Poaceae. Indícios, como a mais antiga espiga de milho, encontrada no vale do Tehucan, na região onde hoje se localiza o México, datada de 7.000 a.C (CIB, 2006), apresentam a América Central como provável centro de origem do cereal. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, de que seu cultivo iniciou-se há pelo menos 5.000 anos. Após o descobrimento da América acabou sendo levado e disseminado pela Europa (MARÇALLO, 2006).

A seleção e o melhoramento, ocorrido por milhares de anos, permitiu ao milho, adaptar-se a diversas condições de solo e clima, sendo hoje, um dos produtos de maior cobertura geográfica do mundo, cultivado desde o nível do mar até 4.000 metros de altitude (PEIXOTO, 2002).

Essa importância do cereal é atribuída pela sua diversidade de usos, podendo ser utilizado na alimentação animal, na formulação de concentrados, com a utilização dos grãos, ou mesmo na forma de volumoso, utilizando a planta inteira. Também pode ser utilizado para alimentação humana, consumido na forma *in natura*, fubá e farinha e, na indústria, processado e transformado em diversos produtos, como por exemplo, biscoitos, cosméticos, sorvetes, tintas, remédios, salgadinhos, combustíveis, entre outros.

Para o Brasil, apesar das exportações de milho estar aumentando nos últimos anos, a grande importância do cereal ainda é para o mercado interno. Em pequenas propriedades, cuja finalidade é a subsistência e, em grande propriedades, destinado à abastecer o mercado, principalmente o de produção de rações para aves e suínos (FILHO e PAVÃO, 2011).

Estimativas apontam que a produção mundial de milho na safra 2014/2015 foi de 991,9 milhões de toneladas, ficando o Brasil com a 3ª maior produção, atrás de EUA e China, maior e segundo maiores produtores mundiais, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Produção mundial de milho (milhões de toneladas)

Países	Safrá	
	2013/14	2014/15
EUA	351,3	361,1
China	218,5	215,5
Brasil	80,0	84,0
U. E.	64,3	74,2
Demais	274,7	256,2
Total	988,7	991,9

Fonte: DEAGRO, 2016.

4.2 SEMENTE

O sucesso de uma lavoura de milho depende de diversos fatores, sendo um dos mais importantes, a utilização de sementes de ótíma qualidade, capazes de gerar plantas vigorosas e com bom desempenho à campo.

É comum a discussão à respeito de sementes de alta qualidade relacionado à melhoria genético, mas, segundo França Neto, Henning e Krzyzanowski (2012), o estabelecimento de uma lavoura com sementes de alta qualidade vai além da utilização de sementes com genética avançada, sendo ainda, de fundamental importância, a utilização de sementes de alto vigor, condição esta relacionada principalmente ao período de armazenamento na entressafra, onde as características fisiológicas das sementes devem ser preservadas para, a partir do momento que postas para germinar no solo, sob ampla diversidade de condições, apresentem potencial de emergência rápida e uniforme.

4.2.1 Condutividade térmica

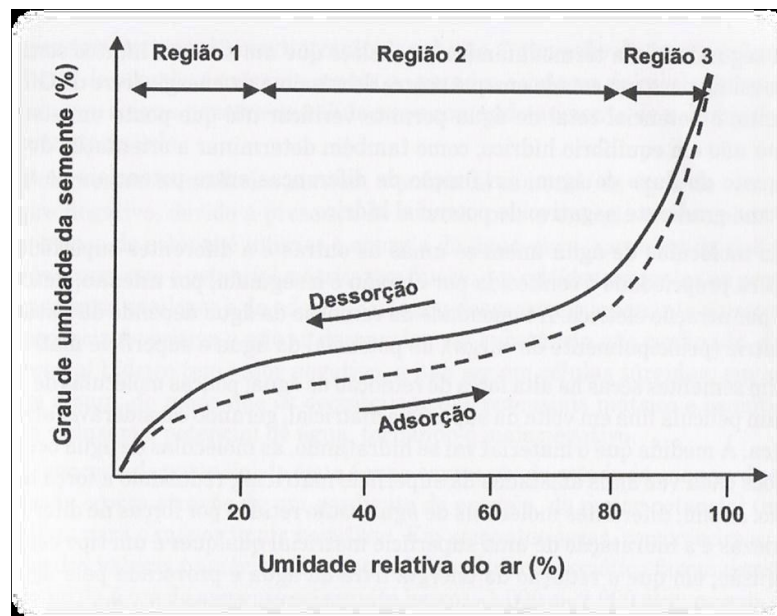
Condutividade térmica é a quantidade de calor que é transmitida por unidade de tempo entre duas superfícies, através de uma unidade de área, devido a um gradiente de temperatura (INCROPERA e DEWITT, 1992). Em uma massa de grãos, o calor é propagado por condução de grão a grão (BORDIGNON, 2009; BARRETO e DEMITO, 2009).

O problema da transferência de calor em materiais biológicos é a transferência de massa, assim como ocorre durante o processo de secagem (MOHSENIN, 1980).

4.2.2 Histerese

Histerese é a diferença entre a taxa de absorção de água (adsorção) e a taxa de perda de água (dessorção) para o meio (Figura 1). O conhecimento sobre as curvas de adsorção e dessorção é fundamental para o equilíbrio da umidade da semente durante o período de armazenamento (SAMAPUNDO et al., 2007; TUNC e DUMAN, 2007), podendo definir a condição ideal de umidade relativa do ar para evitar o ganho de umidade pela semente (FELLOWS, 2006) e estimar a possível deterioração do lote por reações químicas e ação de microrganismos (FRANKOWICZ e CHRENOWSKI, 2006).

Figura 1: Representação gráfica de curvas de adsorção e dessorção, indicando o fenômeno de histerese.



Fonte: SUN, 2002 apud Bordignon, 2009.

4.2.3 Equilíbrio higroscópico

As sementes tendem a entrar em equilíbrio de umidade com a umidade relativa do ar, de acordo com a temperatura (CORRÊA et al., 2006). Este balanceamento entre a umidade da semente e a umidade relativa do ar é denominado de equilíbrio higroscópico e, ocorre quando a semente ganha ou perde umidade, de acordo com a umidade relativa do ar contido no espaço intersticial da massa de sementes.

A determinação do ponto de equilíbrio higroscópico define as condições de umidade e temperatura para manutenção da sua qualidade durante o armazenamento (Tabela 2).

Tabela 2: Teor de umidade de diversos grãos em equilíbrio com diferentes níveis de umidade relativa à temperatura de 23°C.

Umidade relativa (%)							
Grãos	15	30	45	60	75	90	100
Cevada	6.0	8.4	10.0	12.1	14.4	19.5	26.8
Milho	8.4	10.5	12.9	14.8	19.1	23.9	-
Aveia	6.8	8.0	9.6	11.8	13.8	18.5	24.1
Centeio	5.7	8.7	10.5	12.2	14.8	14.8	26.7
Sorgo	7.0	8.6	10.5	12.0	15.2	18.8	21.9
Trigo	6.4	8.5	10.0	11.5	14.1	19.3	26.6
Linho	4.4	5.6	6.3	7.9	10.0	15.2	21.4
Amendoim	2,6	4.2	5.6	7.2	9.8	13.0	-
Soja	4.3	6.5	7.4	9.3	13.1	18.8	-
Feijão	5.6	7.7	9.2	11.1	14.5	-	-

Fonte: Puzzi, 2000.

4.2.4 Formas de água na semente

A água é um insumo indispensável para a produção vegetal, devendo ser um dos recursos mais abundantes, pois é responsável por regular o crescimento e desenvolvimento das plantas e, assim como limita a produção por sua escassez, pode limitar por excesso.

Villela e Marcos Filho (1998), afirmam que o conhecimento sobre o estado da água nas sementes é importante para estudo do desenvolvimento, da germinação, da secagem e do armazenamento de sementes. O estado da água nas sementes é fator regulador no desenvolvimento e na germinação da semente (WESTGATE, 1994). Além disso, a forma de ligação da água afeta o estado fisiológico das sementes (VERTUCCI e FARRANT, 1995).

Após a fertilização do óvulo, o teor de água presente no zigoto ultrapassa 80%, diminuindo de maneira gradativa durante o desenvolvimento, até atingir a maturidade fisiológica (VILLELA e MARCOS FILHO, 1998). Segundo Villela e Marcos Filho (1998), o grau de umidade da semente, quando encontra-se em níveis muito baixos leva a semente a entrar em criptobiose, estado em que o intercâmbio de matéria e energia entre a semente e o ambiente atinge níveis muito baixos.

O tipo de água, com seu respectivo nível de hidratação, é o que define o processo de deterioração das sementes (BORDIGNON, 2009; ROCKLAND, 1969; VERTUCCI E ROOS, 1990; VILLELA e MARCOS FILHO, 1998). Existem basicamente 5 tipos de água em uma semente:

Água do tipo 1: caracteriza-se pela água ligada quimicamente por grupos iônicos (VILLELA e MARCOS FILHO, 1998). Chamada também de água estrutural, é considerada como água de constituição, não possuindo propriedades como solvente, pois está contida em tecidos muito secos, com grau de umidade inferior a 7,5% na base úmida.

Água tipo 2: presente em teores de água entre 7,5% e 20%, sendo possível, nestas condições, verificar a ocorrência de reações catabólicas (VERTUCCI, 1993), ocorrendo significativo aumento na intensidade respiratória de sementes ortodoxas com umidade acima de 14% (VILLELA e MARCOS FILHO, 1998).

Água tipo 3: apenas em condições de 20% a 33% de água nos tecidos há presença de água do tipo 3, teores estes, que possibilitam a ocorrência significativa de atividades catabólicas, havendo consumo de substâncias de reserva e produção de toxinas (radicais livres) (VILLELA e MARCOS FILHO, 1998). Segundo Bordignon (2009), nesta condição a atividade fisiológica da semente é afetada, facilitando o transporte de elétrons nos mitocôndrios, intensificando a respiração, iniciando o metabolismo, mas não os sistemas de reparo. Também possibilita a atividade de microrganismos, favorecendo a deterioração.

Água tipo 4: sua ocorrência é verificada em teores de água entre 33% e 41%, ocupando poros entre as moléculas, mas não interagindo diretamente com a superfície. Nesta condição inicia-se a síntese de proteínas e ácidos nucleicos, processos de biossíntese que antecedem a germinação (VILLELA e MARCOS FILHO, 1998).

Água do tipo 5: é observada em teores de água superiores a 41%, podendo ser considerada água livre, promovendo alterações no nível da síntese de proteínas e ácido nucleicos, induzindo à germinação (DELL' ÁQUILA e SPADA, 1992).

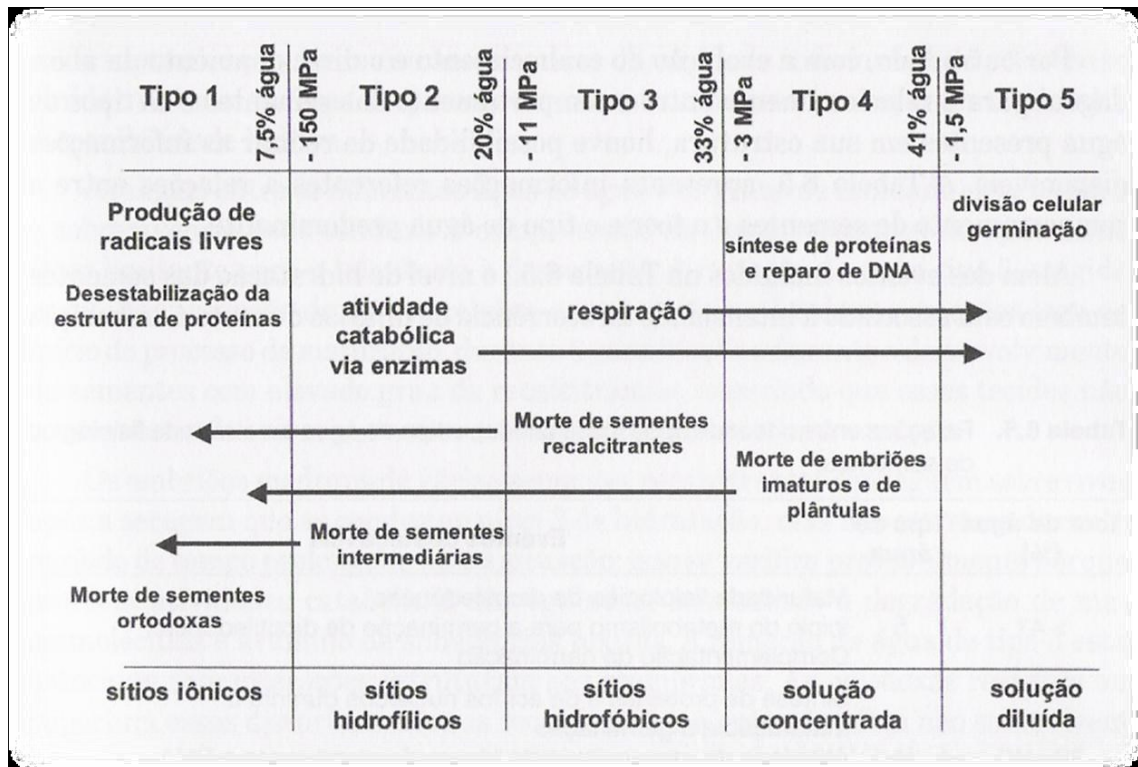
4.2.5 Massa porosa

A quantidade de espaços vazios ocupados pelo ar existente em uma massa de grãos é denominada de massa porosa (SASSERON, 1984). Esse espaço também pode ser chamado de espaço intergranular (BORDIGNON, 2009) e pode corresponder de 40 a 45% do volume total ocupado por cereais como o arroz e o milho (PUZZI, 2000).

4.2.6 Teor de água e atividades fisiológicas

As atividades fisiológicas estão relacionadas aos diferentes tipos de água, havendo uma relação diretamente proporcional entre o teor de água e a atividade fisiológica das sementes (Figura 2).

Figura 2: Representação esquemática de relações entre eventos metabólicos em sementes e respectivos níveis de hidratação, setas indicam a abrangência da influência dos tipos de água.



Fonte: Vertucci, 1993.

4.3 DETERIORAÇÃO DAS SEMENTES

Para Bordignon (2009) a deterioração é um processo progressivo de desorganização de tecidos e de suas funções, inativando o metabolismo e levando- o a morte. Roberts (1981 apud Bordignon 2009) destaca que a deterioração começa logo após a maturação fisiológica das sementes sendo afetada diretamente em seus aspectos físicos, químicos e sanitários pelas condições de temperatura e umidade relativa.

Em qualquer condição o processo de deterioração não pode ser evitado, estando sujeito ao envelhecimento natural das sementes, podendo apenas ser minimizado sob condições adequadas de armazenamento e que, quando não realizadas da maneira correta, intensificam esse processo, que na maioria das vezes é sentido apenas no campo, com a constatação de falhas de germinação, retardo de germinação e falta de uniformidade de plântula.

4.3.1 Causas da deterioração

Para Santos, Menezes e Vilela (2004) a deterioração é qualquer mudança degenerativa após a semente ter atingido sua máxima qualidade, sendo evidenciada por danos genéticos, perda da integridade das membranas, redução da capacidade seletiva, lixiviação de solutos, peroxidação de lipídios, mudanças na atividade respiratória das sementes, modificações na atividade enzimática e síntese de proteínas, incapacidade de manutenção do gradiente eletroquímico, perda de compartimentalização celular e acúmulo de substâncias tóxicas.

Um dos primeiros eventos da perda de qualidade fisiológica é a perda da permeabilidade seletiva das membranas, resultando em maior liberação de eletrólitos e açúcares pelas sementes quando embebidas em água (VIEIRA, 1994). Um dos principais fatores da degradação de sementes é a alteração lipídica, peroxidação e autooxidação, resultando em danos às membranas e geração de subprodutos tóxicos.

A peroxidação consiste na oxidação de cadeias de ácidos graxos produzindo radicais livres, hidroperóxidos e vários produtos secundários mediante a ação de enzimas oxidativas. Já a autooxidação tem início com a ação do oxigênio sobre ácidos graxos insaturados, que resulta na liberação de radicais livres que provocam danos profundos às membranas, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos (MARCOS FILHO, 2005).

4.3.2 *Sitophilus zeamais*

Entre as principais espécies de insetos de armazenamento, destacam-se os da ordem Coleoptera e Lepidoptera, sendo a temperatura e a umidade relativa do ar fatores agravantes dos danos causados por essas pragas (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000).

Segundo Faroni (1992), o gorgulho ou caruncho do milho (*Sitophilus zeamais*) é uma das mais importantes do milho armazenado devido à sua capacidade de sobrevivência em diferentes condições.

O controle dessa praga é feito por meio de tratamento químico de sementes durante o armazenamento e, segundo Paixão et al. (2009) ocorre de maneira relativamente eficiente, porém, em se tratando de agricultura de base agroecológica essa prática não se aplica, surgindo alternativas de controle de acordo com a preservação do meio ambiente, porém, com

eficiência muitas vezes discutida, podendo neste caso, surgir para ambas as situações, a utilização da atmosfera controlada com baixo oxigênio também para o controle de pragas de armazenamento, uma vez que a baixa concentração de oxigênio impossibilita o desenvolvimento de organismos aeróbicos.

O ataque do gorgulho durante o armazenamento constitui um grave problema à conservação das sementes. Segundo Santos, Maia e Cruz (1990), os insetos podem prejudicar as sementes ao se alimentarem em seu interior, podendo destruir parcial ou totalmente o embrião e suas partes. Segundo os mesmos autores, mesmo que essa praga não afete diretamente o embrião, pode causar danos quanto ao vigor, alimentando-se do endosperma da semente e reduzindo a disponibilidade de reservas para a nutrição do embrião.

4.4 ARMAZENAMENTO

O armazenamento é uma das etapas mais importantes no complexo processo de produção de sementes, iniciando-se ainda com as sementes na planta, imediatamente após atingir a maturidade fisiológica, sendo este o ponto de maior qualidade da semente. A partir deste momento, as condições ambientais e de manejo são fatores determinantes para a qualidade das sementes, podendo haver redução da sua qualidade fisiológica pela intensificação do fenômeno de deterioração (HARRINGTON, 1971).

A utilização de sementes para a realização de novos plantios requer o armazenamento por períodos relativamente longos, devendo este ser capaz de preservar a qualidade das mesmas. A deterioração das sementes não pode ser evitada durante o período de armazenamento, porém, ela pode ser minimizada através do controle dos fatores ambientais (VILLELA, 2009).

4.4.1 Teor de umidade dos grãos

Um dos fatores mais importantes para a conservação das sementes é o teor de umidade dos grãos. É um dos fatores preponderantes para a conservação durante o armazenamento, tanto que é possível relacionar, de maneira proporcional, a umidade das sementes com a

percebibilidade, ou seja, quanto maior a umidade da semente, maior é a sua taxa de degradação.

De acordo com Puzzi (2000), para que um lote de sementes possa ser armazenado de maneira eficaz, este deve estar com teor de umidade adequado, normalmente sendo necessária a realização da secagem das sementes, buscando a redução da umidade até níveis considerados ideais para o armazenamento prolongado. A tabela 3 identifica valores de umidade para alguns tipos de sementes.

Tabela 3: Teor máximo de umidade das sementes para armazenamento de até 1 ano.

Produto	Teor de umidade (%)
Trigo	12
Aveia	13
Cevada	13
Sorgo	12
Milho	13
Soja	11
Arroz em casca	12

Fonte: Puzzi, 2000.

A água presente nas sementes é um dos fatores primordiais para a ocorrência das reações químicas, estando a umidade intimamente ligada à atividade metabólica das sementes, e esta atividade metabólica relacionada à conservação do produto.

4.4.2 Temperatura de armazenagem

A temperatura, segundo Bordignon (2009), atua na conservação dos materiais biológicos, que apresentam processos químicos e físicos que promovem a perda de qualidade, e que são catalisados com o aumento da temperatura.

Indiscutivelmente, a umidade das sementes é o fator mais importante na conservação pós- colheita de grãos e sementes, porém a temperatura também é um fator importante e que contribui para prolongar o período de armazenamento. De maneira geral, quanto menor a temperatura, menor a atividade fisiológica das sementes (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972), pois em condições de alta temperatura, ocorre o aumento da respiração, que por si só promove perda de qualidade das sementes pelo consumo das substâncias de reserva e, além disso, é responsável pela geração de calor, aumentando a temperatura da massa de grãos e acelerando o processo de deterioração. Há ainda, ligação direta entre a temperatura e os estímulos à atividade de bactérias, fungos e insetos (BOSSER, 1982).

4.4.3 Atmosfera controlada

Nas condições de atmosfera controlada há controle de temperatura, umidade e concentração de gases. A redução do nível de oxigênio e elevação do nível de gás carbônico retarda a taxa respiratória do produto, conseqüentemente seu envelhecimento e perda de qualidade (BRACKMANN, 2002), minimizando o processo de deterioração das sementes, aumentando sua vida útil.

A atmosfera controlada pode também evitar o crescimento de fungos e desenvolvimento de pragas, podendo ser uma alternativa ao controle químico dessas pragas em produtos armazenados (NICOLAS e SILLANS, 1989).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no laboratório de Pós- Colheita da Universidade Federal da Fronteira Sul, no Campus do município de Laranjeiras do Sul, Estado do Paraná.

5.2 ESPÉCIE UTILIZADA

A espécie utilizada foi o milho (*Zea mays* L.), variedade crioula denominada de “Casquinho”, utilizado na região da Cantuquiriguaçu/PR por pequenos agricultores familiares. A maior parte da produção dessa variedade é destinada à alimentação de bovinos de leite, na forma de silagem, e uma parte armazenada como semente para a semeadura da safra seguinte.

5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 6 repetições por tratamento, sendo 5 os tratamentos realizados. A tabela a seguir caracteriza os tratamentos que foram realizados.

Tabela 4: Descrição dos tratamentos utilizados, concentrações de oxigênio, umidade relativa e temperatura de armazenamento.

Tratamentos	Oxigênio (kPa)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
T1	1,5	25 ± 2	60 ± 2
T2	3,0	25 ± 2	60 ± 2
T3	6,0	25 ± 2	60 ± 2
T4	12,0	25 ± 2	60 ± 2
T5 (testemunha)	21,0	25 ± 2	60 ± 2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro.

5.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período de março de 2015 a março de 2016. Sendo a colheita das sementes realizada de forma manual, no final de fevereiro de 2015, em uma propriedade do Assentamento 8 de Junho em Laranjeiras do Sul- PR.

Foram realizados os seguintes testes para cada unidade experimental: umidade, peso de 1.000 sementes, tetrazólio, germinação, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, respiração, percentagem de sementes danificadas por gorgulho e tamanho de planta. Cada teste, foi realizado 4 vezes. A primeira análise logo após a colheita e secagem das sementes até a umidade desejada. A segunda análise após 3 meses de armazenamento. A terceira após 6 meses de armazenamento e a quarta análise 7 dias após a retirada das sementes das câmaras, na temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$, caracterizando um período de *Shelf life*.

A exceção foi para os testes de respiração, percentagem de sementes danificadas por gorgulho e índice de velocidade de emergência que foram realizados duas vezes, logo após a retirada das sementes da câmara e uma semana após a retirada.

Para o armazenamento foram utilizados 5 minicâmaras, fabricadas em alumínio e acrílico, fechadas hermeticamente, nas dimensões de 0,50m x 0,40m x 0,40m, onde as amostras foram acondicionadas por seis meses. Para a separação das repetições dentro de cada minicâmara foram utilizadas mini sacos semelhantes aos usados na venda de sementes comerciais. Cada repetição era composta 1,5 kg de sementes, totalizando 9 kg de sementes por tratamento.

A temperatura e a umidade dentro das minicâmaras de armazenamento foram determinadas por psicrômetros. A temperatura regulada em 25°C por ar condicionado e a umidade controlada por um umidificador e um desumidificador presente dentro de cada minicâmara, e de regulagem automática, mantendo a umidade entre 58% e 62%.

A concentração de gases era analisada a cada 4 dias por um analisador de gases conectado às câmaras e a concentração de oxigênio regulada através de varredura com nitrogênio e para evitar o acúmulo de gás carbônico era utilizada cal hidratada.

5.4.1 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica, baseou-se na integridade dos sistemas de membranas, determinado a partir da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (ROSA et al, 2000). É de grande interesse na determinação do vigor de sementes, pois permite identificar o início do processo de deterioração, possibilitando a tomada de

medidas que minimizem os efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

A metodologia do teste segundo Woodstock (1988) baseia-se no conceito de que, as sementes, quando imersas em água, liberam eletrólitos na solução, sendo que, quanto maior essa quantidade de lixiviados, mais baixo é o vigor, refletindo a perda de integridade das membranas celulares.

As análises do teste de vigor por condutividade elétrica foram realizadas com 8 repetições de 50 sementes, pesadas com duas casas decimais após a vírgula, embebidas em 75 ml de água destilada e deionizada, com condutividade entre 1,0 e 2,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. As amostras foram acondicionadas em germinador a 25°C por 24 horas. Após as 24 horas foi realizada a leitura da condutividade elétrica, utilizando um condutivímetro, com sensor de constante 1.0. A condutividade de leitura foi dividida pelo peso da amostra e expressa em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (ROSA, 2000).

5.4.2 Porcentagem de sementes danificadas por gorgulho

Após o período total de armazenagem foi realizada a contagem de sementes danificadas por gorgulho. Para tal foram utilizadas 4 repetições de 100g de sementes para cada tratamento. Foram declaradas sementes danificadas todas as sementes que, após análise visual, eram detectadas com furos em sua estrutura. Os resultados foram expressos em porcentagem.

5.4.3 Envelhecimento acelerado

Um dos procedimentos mais usados para avaliar o vigor de sementes é o teste de envelhecimento acelerado, particularmente para sementes de soja e milho (HAMPTON e TEKRONY, 1995). Este método baseia-se em submeter as sementes a fatores de estresse envolvendo altas temperaturas e umidade relativa do ar próxima de 100%, por diferentes períodos, em horas, de exposição, e em seguida, observar a resposta das sementes por meio do teste de germinação (DELOUCHE e BARKIN, 1973).

Para análise foi utilizado o método da caixa gerbox com 4 repetições de 50g de sementes cada caixa, contendo ainda 50 ml de água destilada e deionizada. A temperatura durante o teste de envelhecimento foi mantida a 43°C por período de 24 horas. Após o período as repetições sementes foram semeadas, conforme descrito no teste de germinação.

5.4.4 Germinação

O objetivo do teste de germinação é obter informações sobre a qualidade das sementes para fins de semeadura em campo e fornecer dados que possam ser usados, juntamente com outras informações, para comparar diferentes lotes de sementes. A germinação da semente em laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

As análises foram realizadas utilizando substrato papel, com 16 repetições de 25 sementes, totalizando 400 sementes. Cada repetição foi composta por um rolo com duas folhas de papel germitest, previamente umedecido com água destilada, utilizando um volume de água correspondente à 2,5 vezes o peso do substrato papel. Os rolos eram acondicionados em germinador e mantidos a temperatura de 25°C, e a contagem das sementes viáveis foi realizada aos 7 dias após a semeadura, considerando apenas as plântulas normais. As médias das contagens foram expressas em percentagem de germinação.

5.4.5 Peso de 1000 sementes

Foi determinado o peso de 1.000 sementes conforme recomendações da RAS (BRASIL, 2009), pesando 8 repetições de 100 sementes, obtidas da porção “Semente Pura”.

5.4.6 Respiração

O teste de respiração baseia-se na determinação indireta da taxa respiratória das sementes através da leitura da concentração de CO₂ no ambiente de estocagem. Para o teste

foram realizadas 4 repetições com 0,350 kg de sementes para cada tratamento. As sementes foram acondicionadas por sete dias em frascos de vidro, de volume 0,6 L, herméticos e adaptados para possibilitar a leitura da concentração de gases em seu interior.

Em intervalos de 24 horas era realizada a leitura da concentração de CO_2 dentro de cada frasco. Após a leitura estes frascos eram abertos por aproximadamente 2 minutos para normalização da concentração de O_2 e CO_2 em seu interior. Logo após eram fechados para nova leitura após 24 horas.

5.4.7 Tamanho de plântula

Para avaliação do vigor da semente através do tamanho de plântula foi conduzido um teste nas mesmas condições do teste de germinação, porém com 4 repetições contendo apenas 10 sementes alinhadas e dispostas no terço superior do papel de germinação. A determinação do tamanho foi realizada ao sétimo dia após a semeadura medindo o comprimento da parte aérea e o resultado expresso em cm.

5.4.8 Teor de umidade

Inicialmente foi realizado o teste de umidade visando determinar o conteúdo de água das sementes a serem utilizadas. Para isso, foi utilizado o método da estufa, descrito pela RAS (BRASIL, 2009), a qual baseia-se na perda de peso das sementes quando secas em estufa, com circulação de ar forçado, a 105°C por 24 horas, utilizando 4 repetições de 50 gramas de sementes e expressando os resultados de umidade na base úmida.

5.4.9 Teste de tetrazólio

É um teste que pode ser usado para avaliar o vigor da semente, bem como para identificar danos causados por secagem, por insetos, umidade e para detectar danos mecânicos de colheita e/ou beneficiamento.

O teste foi realizado com amostras de 400 sementes, divididas em 4 repetições de 100 sementes cada. As sementes foram pré-condicionadas, em rolos de papel germitest umedecido, por 24 horas, à temperatura de 25°C, visando a embebição lenta das sementes de modo a estimular o processo de germinação e o preparo das mesmas. Em seguida foram seccionadas longitudinalmente, com o objetivo de facilitar o contato do sal de tetrazólio (2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazólio) com os tecidos das mesmas. Após esta fase de preparação as sementes foram imersas em sal de tetrazólio preparado na concentração de 0,075% e levadas a um germinador, no escuro, com temperatura de 25°C, por seis horas até atingirem a coloração ideal para avaliação. Neste momento as sementes foram retiradas do germinador, lavadas em água corrente e imediatamente analisadas.

5.4.10 Índice de velocidade de emergência

Para a obtenção do índice de velocidade de emergência foram utilizadas 400 sementes, para cada unidade experimental, divididas em 4 repetições de 100 sementes cada. As sementes foram levadas à casa de vegetação e mantidas sob temperatura média do ar de 25°C \pm 4°C e umidade relativa do ar de 70% \pm 5% e semeadas em bandejas plásticas, com dimensões 0,70m x 0,35m x 0,10m, com 200 células, preenchidas com substrato areia fina peneirada. A semeadura das sementes foi realizada à profundidade de 3 cm. As parcelas foram examinadas diariamente à mesma hora e a contagem a partir do dia em que ocorreu a emergência da primeira plântula. Depois de contabilizadas, as plântulas eram retiradas do substrato. Somente eram contabilizadas plântulas que atingiam 2 cm de altura.

O índice de velocidade de emergência (IVE) resultou da multiplicação do número de plântulas normais, obtidas em cada dia, pelo número de dias após o início do teste e, então, os valores obtidos foram somados para a obtenção do IVE (VIEIRA e CARVALHO, 1994).

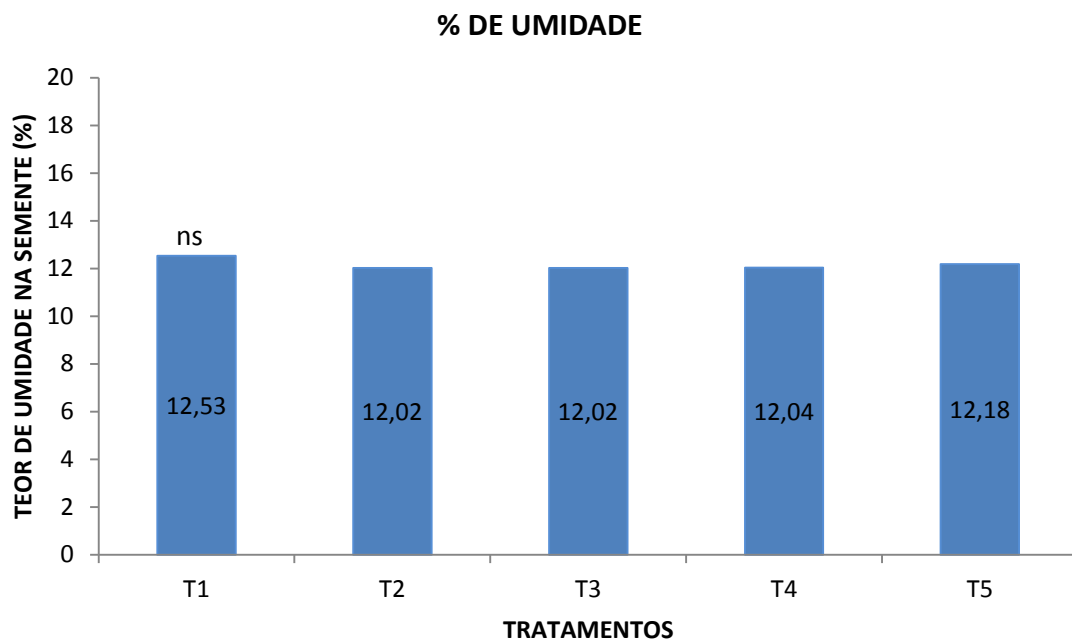
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade física e fisiológica das sementes de milho sofreu modificações, ao longo do tempo, em função das condições da atmosfera de armazenamento.

6.1 TEOR DE UMIDADE E PESO DE MIL SEMENTES

O teor de umidade ao término do período de armazenamento (Gráfico 1) mostra que todas as sementes submetidas aos tratamentos foram armazenadas em condições semelhantes, e adequadas, à ponto de atingirem o equilíbrio higroscópico com umidade próximo à 12%, ficando dentro dos limites considerados ótimos para o armazenamento prolongado de cereais, que é de até 13% de umidade (PUZZI, 2000), dessa forma, mostrando que a umidade não foi fator preponderante para a deterioração das sementes.

Gráfico 1- Teor de umidade nas sementes após 6 meses de armazenamento.

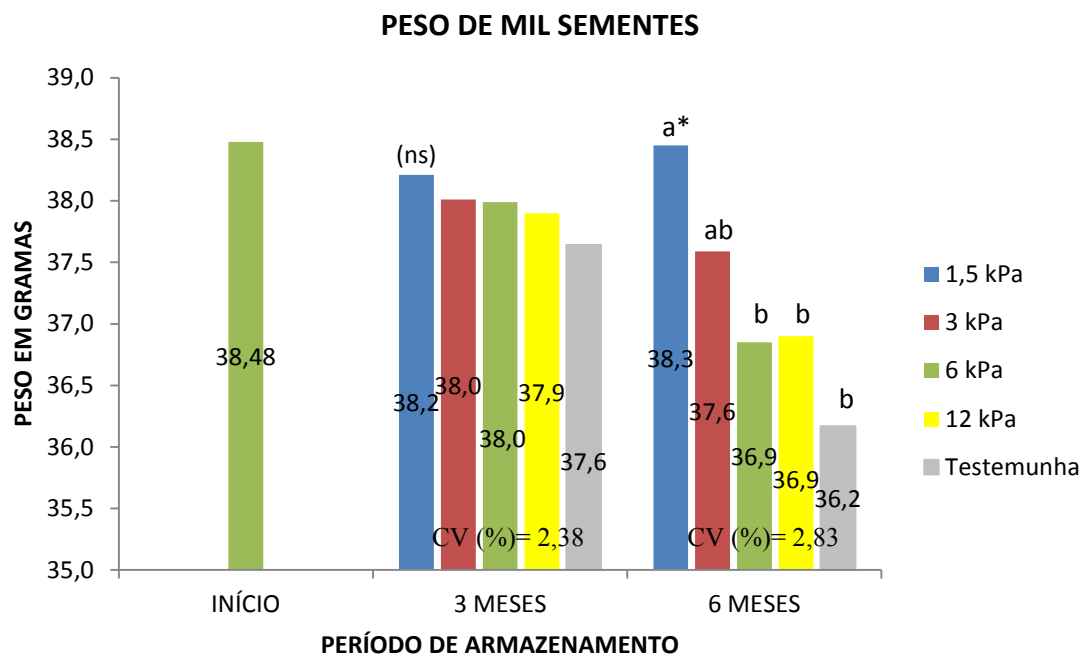


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.
(ns) não significativo.

Sementes com baixos teores de umidade mantêm melhor suas características originais, sendo um dos fatores mais importantes no controle do processo de deterioração, e quando mantido em baixos níveis, reduz significativamente os efeitos dos demais fatores.

O peso de mil sementes, com sementes intactas (Gráfico 2), mostra que ao longo do tempo há diminuição de massa. Com 3 meses de armazenamento é possível observar que em todas as sementes submetidas aos tratamentos houve diminuição de massa quando comparadas com a massa inicial, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos. Aos 6 meses de armazenamento, as sementes submetidas à 1,5 kPa e 3 kPa de oxigênio preservaram sua massa, mantendo-se superior e diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, cuja redução de massa ocorreu de forma significativa, dessa forma, garantindo sementes mais vigorosas e capazes de dar origem à plântulas igualmente mais vigorosas, uma vez que, possuem maior reserva para nutrir o embrião durante a germinação.

Gráfico 2- Peso em gramas de mil sementes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(ns) não significativo; (*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O tamanho das sementes é uma característica determinada geneticamente, sendo pouco afetada por condições ambientais. É uma característica que pode influenciar no potencial de germinação (MENEZES, GOMES e GUIMARÃES, 1991), e também no vigor das plântulas geradas, principalmente em condições diferentes daquelas consideradas ideais, estando o tamanho e a massa das sementes relacionadas à quantidade de substâncias de

reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; TOLEDO et al., 1994; MOREIRA, LOPES e SILVA, 2002), carboidratos, proteínas e lipídios, com proporções variáveis de acordo com a espécie (BORGES e RENA, 1993), que segundo POPINIGIS (1985) é de 71%, 10% e 4%, respectivamente, para sementes de milho, e influenciam também no potencial de armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), mantendo a sobrevivência do embrião durante o período, funcionando como fonte de energia para manter o processo metabólico em funcionamento (POPINIGIS, 1975; TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

Durante o período de armazenamento, as sementes, como qualquer outro tecido vegetal, apresentam processo respiratório ininterrupto, estando sujeito à contínuas transformações, reduzindo seu estoque de reservas pelo consumo de carboidratos e lipídios.

A deterioração, com conseqüente perda de massa, também é afetada por atividades bióticas exógenas às sementes, como a ação de microrganismos e insetos, que utilizam os nutrientes presentes nas sementes para seu crescimento e reprodução, e de acordo com Lazzari (1993), a ocorrência de insetos no ambiente de armazenagem também é responsável por intensificar a atividade respiratória. Pinto et al. (2002) ainda relaciona a ocorrência de insetos com o aumento da umidade das sementes.

6.2 ENVELHECIMENTO ACELERADO

Foi determinado, através do teste de envelhecimento acelerado, o potencial de armazenamento das sementes de milho.

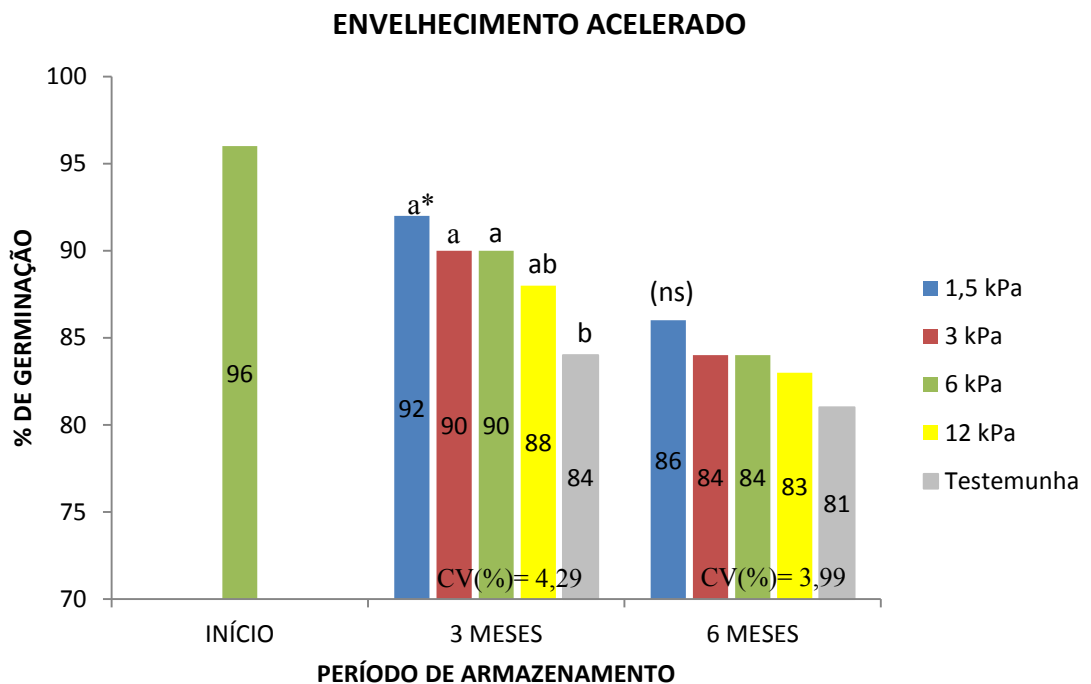
É verificável, inicialmente, (Gráfico 3), elevada capacidade de armazenamento, onde as sementes submetidas ao envelhecimento artificial, apresentaram, após 24 horas de exposição à condições adversas de temperatura e umidade, a mesma porcentagem de germinação das sementes postas para germinar imediatamente após a colheita e secagem, e não submetidas à nenhum outro tipo de tratamento.

Com 3 meses de armazenamento é possível verificar que as sementes submetidas aos tratamentos 1, 2 e 3 (1,5 kPa, 3 kPa e 6 kPa de O₂, respectivamente), mantiveram, após o envelhecimento artificial, o potencial de armazenamento, apresentando percentuais de germinação elevados, e não diferindo estatisticamente entre si. Nesse mesmo período, as sementes dos tratamentos 4 e 5 (12 kPa e 21 kPa de O₂, respectivamente), quando submetidas

ao envelhecimento artificial, reduziram de maneira significativa sua capacidade de armazenamento, exibindo percentual de germinação próximo à 85%, próximo do valor mínimo exigido para sementes comerciais de milho.

Após 6 meses de armazenamento fica claro que, nessas condições, o armazenamento dessas sementes não pode estender-se muito além deste período, pois em todos os tratamentos as sementes apresentaram baixo percentual de germinação, com médias abaixo de 85%, e não diferindo estatisticamente entre si.

Gráfico 3- Teste de envelhecimento acelerado com 24 horas de exposição à temperatura de 43°C e alta umidade relativa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(ns) não significativo; (*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para Roberts (1981), a deterioração das sementes é dependente diretamente de fatores ambientais, como a temperatura e umidade relativa do ar, fatores estes responsáveis por afetar características sanitárias, físicas, químicas e fisiológicas das sementes. Diversos autores relacionam os efeitos da aplicação do teste de envelhecimento acelerado, e mesmo os efeitos

do envelhecimento natural por prolongado período de armazenamento, às variações da atividade de enzimas associadas à degradação e oxidação de substâncias de reserva.

Priestley (1986) e Chauhan et al. (1985) associaram o envelhecimento com a perda de algumas enzimas, tais como a peroxidase, esterase, aminopeptidase e fosfatase ácida. Spinola, Cícero e Melo (2000), encontraram que as enzimas peroxidase e fosfatase ácida apresentam diminuição do número e da intensidade com o envelhecimento das sementes.

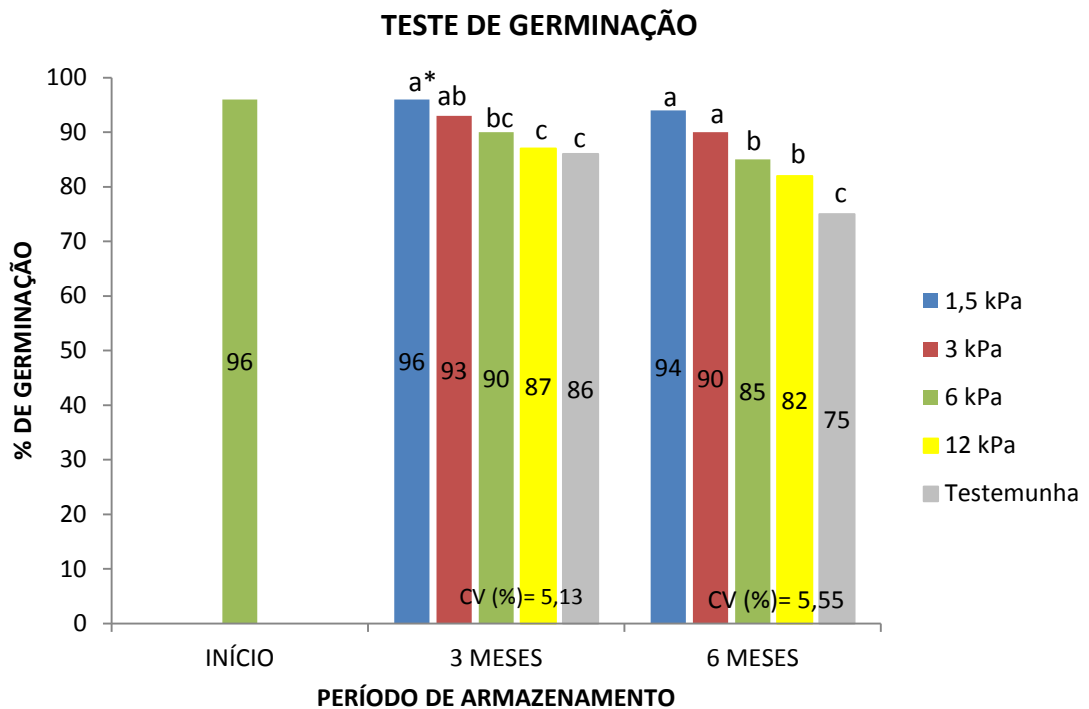
6.3 TESTE DE GERMINAÇÃO E DE TETRAZÓLIO

Após submeter as médias do teste de germinação à análise de variância, observou-se (Gráfico 4) o efeito significativo do controle dos parâmetros de armazenamento, temperatura, umidade relativa do ar e concentração de oxigênio.

De forma geral, as sementes submetidas aos tratamentos 3, 4 e 5 apresentaram queda significativa em seu potencial germinativo com apenas 3 meses armazenamento, aproximando-se do mínimo de germinação exigido para sementes comerciais, que para o milho é de 85%, enquanto que as sementes dos tratamentos 1 e 2 mantiveram seu potencial. Já as do tratamento 1 mantiveram a mesma porcentagem de germinação quando comparado ao início do armazenamento.

Com 6 meses de armazenamento, as sementes submetidas aos tratamentos 1 e 2 ainda mantiveram seu potencial germinativo, reduzindo de maneira quase insignificante e com médias não diferindo estatisticamente entre si. Enquanto que as sementes dos tratamentos 3 e 4, que também não diferiram estatisticamente entre si, apresentaram grande queda no percentual de germinação, sendo que as sementes do tratamento 3 apresentaram a porcentagem mínima exigida de 85% para semente comercial e o tratamento 4 apresentando resultados já inferiores a tal exigência. As sementes do tratamento 5 apresentaram resultados muito inferiores a todos os demais, ficando inviáveis comercialmente por apresentar baixo percentual de germinação.

Gráfico 4: Porcentagem de germinação em diferentes períodos de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Aparentemente dois fatores colaboraram para a expressiva redução no percentual germinativo das sementes submetidas aos tratamentos 3, 4 e 5. Primeiramente, a condição de baixo oxigênio, ao qual foram submetidas as sementes dos tratamentos 1 e 2, reduziu a atividade respiratória das sementes, reduzindo também o consumo e deterioração de suas reservas, e conseqüentemente, mantendo seu vigor germinativo, expresso com altas porcentagens no teste de germinação, diferentemente do que foi observado para os tratamentos 3, 4 e 5 onde a concentração de oxigênio, ainda em níveis elevados, proporcionava às sementes, um metabolismo ainda significativamente ativo, de maneira a consumir suas reservas, da mesma forma como observado no peso de mil sementes apresentado acima, resultando em perda de vigor e em menor número de plantas normais.

Vários fatores fisiológicos são responsáveis pela queda da germinação. Um dos eventos iniciais de deterioração das sementes é, segundo Carvalho et al. (2009), a degradação das membranas celulares, com perda da permeabilidade seletiva, seguido da inativação de

algumas enzimas, desgaste de reservas e acúmulo de substâncias tóxicas, que levam a semente à morte embrionária.

Para Bordignon (2009), ainda destaca-se como fator significativo para a deterioração e queda de germinação de sementes, a deterioração de mitocôndrios com conseqüente redução na produção de ATP, que é requerida juntamente com NADPH, em grandes quantidades, para dar início à síntese de ácidos nucleicos e de proteínas durante o processo de germinação (CASTRO e HILHORST, 2004). É possível afirmar que, em sementes envelhecidas, após longo período de armazenagem ou por exposição à condições desfavoráveis, há queda de germinação possivelmente pela perda de eficiência dos mitocôndrios, responsáveis pela produção de ATP, acompanhado pela redução na taxa de respiração, mesmo após embebição da semente (BORDIGNON, 2009).

Além dos fatores bioquímicos, nesses tratamentos, a concentração mais elevada de oxigênio proporcionou o desenvolvimento normal de *Sitophilus zeamais*, diferentemente dos tratamentos 1 e 2, com baixo oxigênio, onde a condição quase anaeróbica inibiu de maneira eficiente a ocorrência dessa praga. O gorgulho se alimenta e se desenvolve no interior das sementes, ocasionando sérios prejuízos, pelo dano direto, podendo inviabilizar totalmente a semente quando atinge o embrião, e ainda, podendo facilitar a entrada de pragas secundárias (TOSCANO, et al., 1999), reduzindo o potencial de germinação de um lote de sementes.

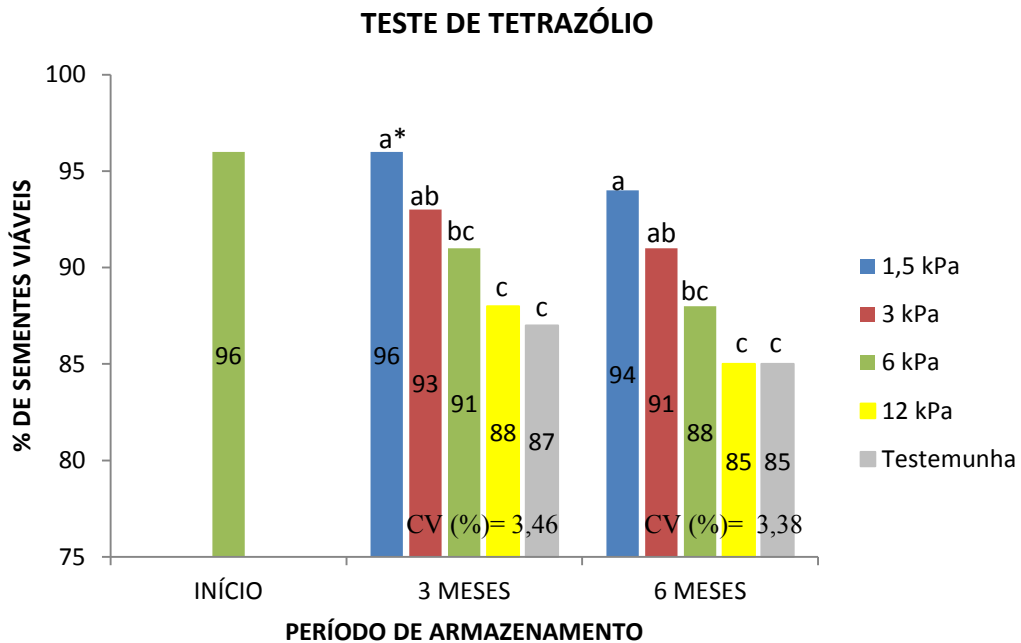
O teste de tetrazólio (Gráfico 5), realizado apenas com sementes não danificadas por gorgulho, revela um percentual de viabilidade superior ao teste de germinação, que foi realizado com sementes não classificadas quanto a danos causados por gorgulho. Além disso, mostra que as sementes não foram comprometidas por danos de colheita ou secagem.

Inicialmente, o teste de tetrazólio apresentou a mesma porcentagem de sementes viáveis do teste de germinação, 96%. Com 3 meses de armazenamento é possível notar que em todas as sementes, submetidas aos diferentes tratamentos, foi encontrado, pelo teste de tetrazólio, porcentagem de sementes viáveis semelhantes aos resultados obtidos pelo teste de germinação, porém, após 6 meses de armazenamento, observou-se maior número de sementes viáveis quando comparado aos resultados obtidos no mesmo período pelo teste de germinação.

De maneira geral, o teste de tetrazólio, após 6 meses de armazenamento, mostrou resultados significativos com a redução do oxigênio no ambiente de armazenagem, porém,

neste caso mostrou, para as sementes dos tratamentos 3, 4 e 5, maior porcentagem de sementes viáveis em relação ao teste de germinação, mantendo o mínimo exigido de 85% de sementes viáveis.

Gráfico 5: Percentual de sementes viáveis pelo teste de tetrazólio



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados do teste de germinação e do teste de tetrazólio, em teoria, deveriam apresentar-se semelhantes, pois ambos tratam da viabilidade das sementes, porém, é possível afirmar, após diferenças encontradas nos resultados, que o teste de germinação foi influenciado por fatores externos, prejudiciais à germinação, como a ocorrência de fungos e de danos causados por insetos, dessa forma, subestimando os resultados do teste de germinação.

Assim, a partir do teste de tetrazólio, observou-se que todas as sementes submetidas aos tratamentos preservaram suas características bioquímicas, apresentando pelo menos 85% de sementes viáveis, mas, ficando claro que as sementes submetidas à redução de oxigênio durante a armazenagem, tratamentos 1 e 2, preservaram de maneira mais significativa suas

características, mantendo após 6 meses, número de sementes viáveis quase igual ao resultado encontrado logo após a colheita e mesmo resultado encontrado pelo teste de germinação.

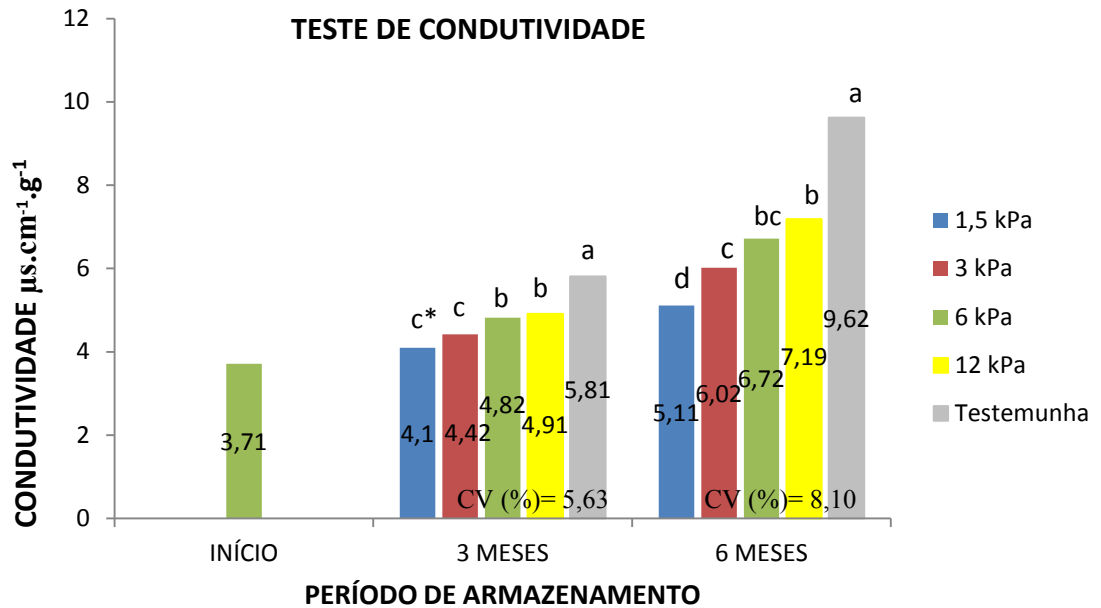
6.4 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os resultados do teste de condutividade elétrica (Gráfico 6), mostram de maneira indireta, através da taxa de liberação de solutos, que as sementes armazenadas durante longos períodos perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, porém, observou-se claramente os efeitos positivos do armazenamento com baixo oxigênio.

Observa-se que houve redução significativa na intensidade de lixiviação de íons nas sementes armazenadas com 1,5 kPa de oxigênio, aumentando expressivamente, e de maneira proporcional ao aumento de oxigênio, nas sementes submetidas aos demais tratamentos.

Matthews (1995 apud BORDIGNON, 2009), afirma que as membranas são compostas de fosfolipídeos e proteínas, formando um complexo que, em situação normal, permanece em fase líquida cristalina, alterado para gel, em circunstâncias especiais influenciadas pelas condições do ambiente e a organização se mantém estável graças à relação entre os componentes da membrana e a água.

Gráfico 6: Teste de condutividade elétrica em sementes de milho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Vieira (1994) relacionou a redução na qualidade fisiológica das sementes com o aumento de eletrólitos e açúcares liberados pelas sementes embebidas em água devido à perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares. Esses lixiviados podem comprometer a germinação, pois alguns compostos são responsáveis por manter o turgor celular necessário para a protrusão radicular e ainda, podendo ser fonte para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (MARCOS FILHO, 2005).

O mecanismo de deterioração se relaciona, provavelmente, com os radicais livres produzidos como resultado da peroxidação de lipídios durante o envelhecimento, reagindo com os lipídios das membranas, acarretando distúrbios à sua estrutura e alterações nas reservas armazenadas nas sementes (ABDUL-BAKI e BAKER, 1973 apud BORDIGNON, 2009). Como consequências principais têm-se o menor controle da seletividade de membranas, perda de compartimentização celular, falhas metabólicas, gasto excessivo de energia celular com mecanismos de reparo e eventos que afetam diretamente o desempenho fisiológico da semente (BORDIGNON, 2009).

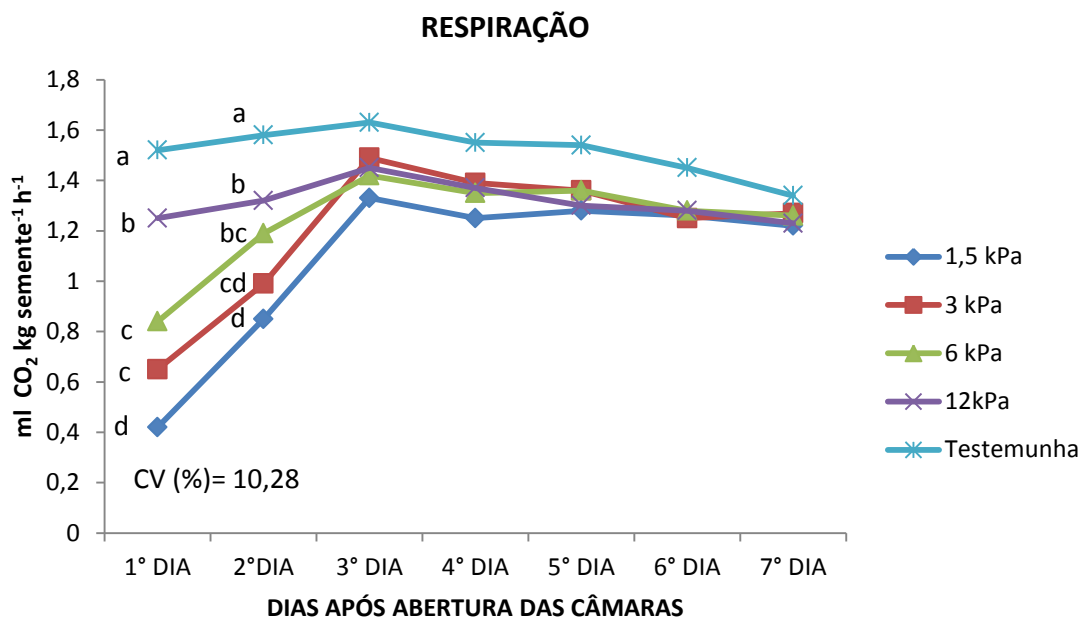
6.5 TESTE DE RESPIRAÇÃO, VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA E TAMANHO DE PLÂNTULA

A atividade respiratória das sementes, submetidas aos diferentes tratamentos, foi maior quanto menor o vigor das sementes encontrados pelos demais testes realizados. A atividade respiratória se correlacionou com outros testes, ou seja, a respiração foi inversamente proporcional ao teste de germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado e peso de mil sementes, e proporcional aos resultados encontrados pelo teste de condutividade.

Dode et al. (2013), trabalhando com sementes de soja e, Andrade et al. (1995), com sementes de cenoura, encontraram a mesma correlação entre o aumento da taxa respiratória e a redução na germinação e vigor das sementes.

Os resultados (Gráfico 7) mostram que a redução da concentração de oxigênio, durante a armazenagem, proporcionou redução na taxa respiratória das sementes, mantendo seu vigor.

Gráfico 7: Taxa respiratória das sementes imediatamente após a abertura das câmaras de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

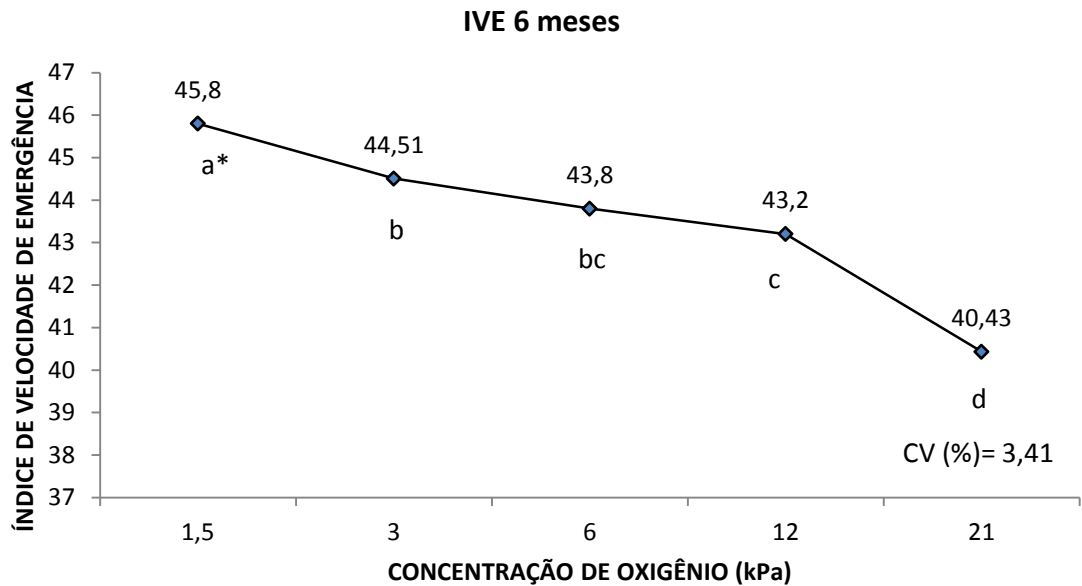
A diferença do vigor das sementes, submetidas aos diferentes tratamentos, após 6 meses de armazenamento, é um dos fatores que justificam a redução da taxa respiratória das sementes, pois há uma relação inversamente proporcional entre o vigor das sementes e sua taxa respiratória (MENDES et al., 2009). Para DODE et al. (2013), o aumento da respiração está associado à condutividade elétrica, cuja maior lixiviação de solutos é consequência da desorganização das membranas das células das sementes, servindo como indicativo de maior atividade metabólica, portanto elevando a atividade respiratória.

Dessa forma, fica claro que a condição de baixo oxigênio no ambiente de armazenagem foi fator crucial para redução da taxa respiratória das sementes, pois a respiração logo após a retirada das câmaras era proporcional à concentração de oxigênio no ambiente de armazenagem, e após 3 dias, mantidas em atmosfera normal, a taxa respiratória de todas as sementes, submetidas aos diferentes tratamentos, assemelhou-se, com pequena diferença em função do vigor do lote. Pode-se identificar que a redução da concentração de oxigênio é fator importante para redução da taxa respiratória e portanto, manutenção do vigor das sementes. É possível verificar ainda (Gráfico 8) que o armazenamento em diferentes concentrações de oxigênio influenciou na velocidade de germinação das sementes.

De maneira geral, as sementes submetidas aos tratamentos com 1,5 kPa, 3 kPa e 6 kPa de oxigênio, semeadas em areia imediatamente após a abertura das câmaras de armazenagem, demoraram mais do que as sementes submetidas aos tratamentos com 12 kPa e 21 kPa para iniciar a germinação, apresentando relativamente pouca diferença no índice, confirmando o observado pelo teste de respiração, onde a baixa taxa respiratória dos primeiros dias após o período de armazenagem retardou a germinação das sementes, tendo em vista a necessidade do aumento de respiração durante o processo.

Da mesma forma, o teste realizado com sementes armazenadas por uma semana em ambiente normal (*Shelf life*), confirma novamente o observado no teste de respiração, neste caso, com as sementes já tendo recuperado sua taxa respiratória e apresentando início semelhante de germinação entre os tratamentos (Gráfico 9), porém, com grande superioridade nos resultados obtidos pelas sementes dos tratamentos com 1,5 kPa e 3 kPa de oxigênio durante o armazenamento, demonstrando-se como sementes mais vigorosas que as demais.

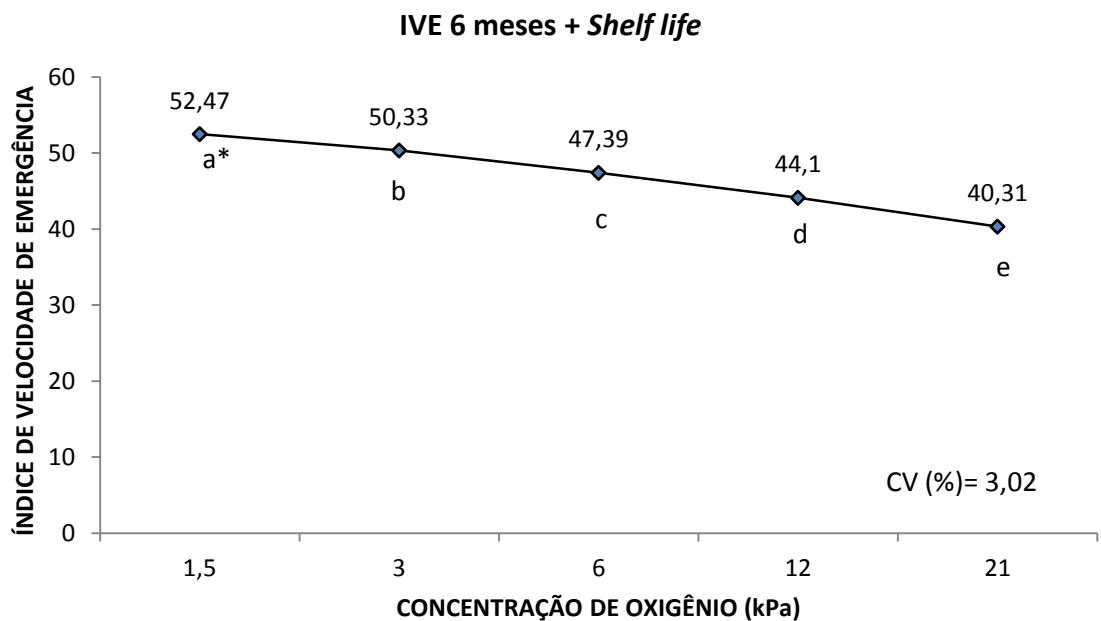
Gráfico 8: Velocidade de emergência das sementes semeadas em areia imediatamente após a retirada das câmaras de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Gráfico 9: Índice de Velocidade de emergência das sementes semeadas em areia após 6 meses de armazenamento + uma semana de *Shelf life*.



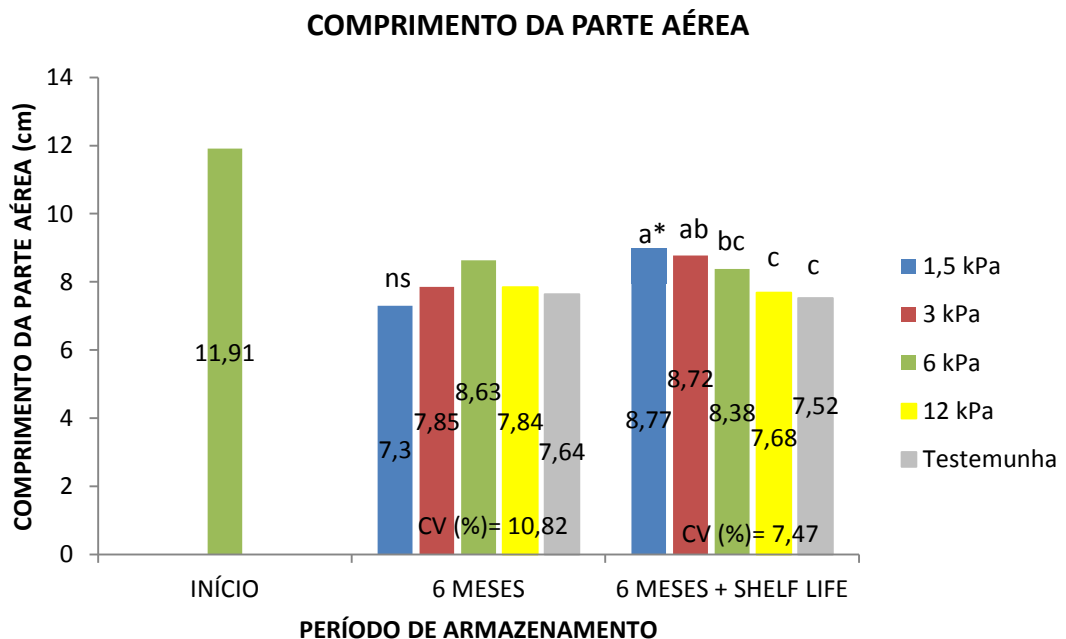
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O comprimento da parte aérea (Gráfico 10) permite classificar os lotes de melhor e pior desempenho, relacionando-se ao teste de respiração e velocidade de emergência.

De maneira geral, as sementes armazenadas com baixo oxigênio apresentavam menor taxa respiratória e lenta velocidade de emergência quando comparadas com as sementes submetidas aos tratamentos com maior concentração, porém, os resultados do comprimento da parte aérea, realizado logo após a retirada das sementes das câmaras, mostra que essas sementes deram origem à plântulas mais vigorosas, com resultados não diferindo estatisticamente entre os tratamentos, ou seja, as plântulas geradas pelas sementes submetidas aos tratamentos com 1,5 kPa e 3 kPa de oxigênio crescem de maneira mais rápida.

Isso fica visível no segundo teste realizado, onde a semeadura foi realizada uma semana após a retirada das sementes das câmaras, neste momento, havendo um equilíbrio entre a taxa respiratória e ficando visível o vigor superior das sementes armazenadas com baixo oxigênio, apresentando melhores resultados.

Gráfico 10: Comprimento em centímetros da parte aérea de plântulas com 7 dias após a semeadura.



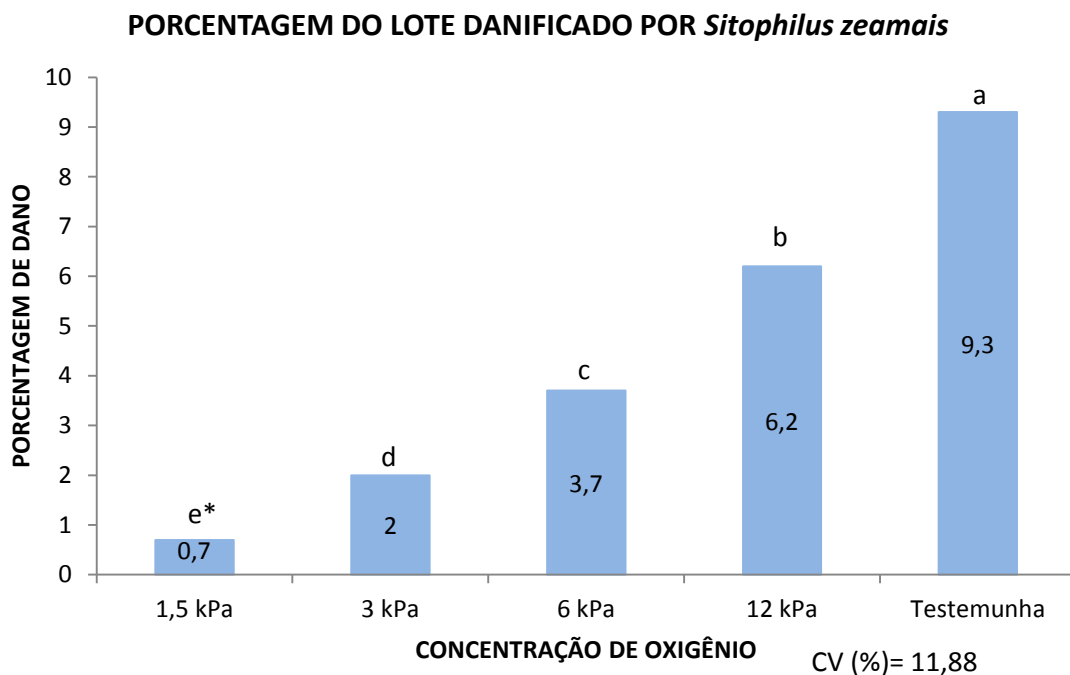
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(ns) não significativo; (*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

6.6 DANOS POR GORGULHO

A condição de baixo oxigênio reduziu a severidade do ataque de gorgulho durante o período de armazenamento (Gráfico 11). Observa-se que a redução na porcentagem de sementes danificadas em cada tratamento foi proporcional a redução de oxigênio no ambiente de armazenagem.

Gráfico 11: Porcentagem de sementes danificadas pelo ataque de gorgulho (*Sitophilus zeamais*) durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

(*) Tratamentos com médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os insetos prejudicam diretamente as sementes, porque ao se alimentarem no seu interior podem destruir totalmente ou parcialmente o embrião, ou os seus componentes, como a radícula e a plúmula, prejudicando o desenvolvimento normal da plântula (SANTOS, MAIA e CRUZ, 1990).

Antonello et al. (2009) encontrou resultados semelhantes quanto à porcentagem de sementes danificadas trabalhando com diferentes tipos de embalagem, na qual a embalagem plástica apresentou eficiência no controle de gorgulho por promover a redução da concentração de oxigênio no ambiente de armazenagem em função da respiração das sementes.

Dessa forma, a redução de oxigênio pode ser vista como forma alternativa para controle de pragas pós- colheita de sementes, porém, torna- se necessários maiores estudos na área, a fim de determinar a concentração ideal de oxigênio e tempo para que a maioria dos insetos morram.

7 CONCLUSÕES

O armazenamento em atmosfera controlada com baixo oxigênio garante a manutenção da qualidade física e fisiológica de sementes de milho.

A redução da concentração de oxigênio no ambiente de armazenagem favorece a manutenção da capacidade germinativa bem como do vigor das sementes, promovendo rápida e uniforme germinação, dando origem à plântulas mais fortes e homogêneas.

A baixa concentração de oxigênio inibe o desenvolvimento de organismos maléficos durante o armazenamento como o gorgulho do milho, reduzindo a porcentagem do lote danificada.

A concentração de 1,5 kPa de oxigênio no ambiente de armazenagem é a que melhor conserva as características físicas e fisiológicas das sementes.

Identificada a concentração ideal de oxigênio no ambiente de armazenagem torna-se necessário novos estudos sobre os efeitos da presença de gás carbônico bem como os efeitos à campo das sementes armazenadas nessas condições.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R.N. et al. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.153- 162, 1995.
- ANDREOLI, C.; ANDRADE, V. R. Qualidade de sementes e densidade de semeadura afetam a emergência e produtividade de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO. Recife. Globalização e segurança alimentar: **resumos**. Recife: IPA, 1988. p.54.
- ANDREOLI, C. et al. Qualidade da semente e densidade de semeadura no estabelecimento e na produtividade do milho. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Sete Lagoas: EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 2002.
- ANTONELLO, L. M. et al. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.7, p.2191- 2194, out, 2009.
- BARRETO, F. A.; DEMITO, A. **Processo de resfriamento de sementes**. SeedNews, maio/jun, n.3, 2009. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=30> Acesso em: 9 de junho de 2015.
- BIBLIA, D. A. C. et al. Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.1, p.153- 157, 1994.
- BORDIGNON, B. C. S. **Relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes e composição de óleo extraído de cultivares de soja**. 2009, 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria- Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Santa Maria, 2009.
- BOSSER, F. Conservação dos cereais e outros produtos granulados por meio de resfriamento. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM,3., 1978. Curitiba, **Anais**. Curitiba: Companhia Paranaense de Silos e Armazéns, 1982. p.48-54.
- BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.911- 915, nov/dez., 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para a Análise de Sementes**. Brasília, DF. 2009. 395 p.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. 350 p.
- CAETANO, M. Em busca de sementes de qualidade. **Revista Valor econômico**. São Paulo (s. n.), 2016. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/agro/4447168/em-busca-de-sementes-de-qualidade>>. Acesso em: 15 de maio de 2016.l

- CARVALHO, L. F. de. Teste rápido de condutividade elétrica e correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 239- 248, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 424p.
- CASTRO, R. D. de; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149- 162.
- CHAUHAN, K.P.S.; GOPINATHAN, M.C.; BABU, C.R. **Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality**. Seed Science and Technology, v.13, p.629-641, 1985.
- CIB- CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do milho, tecnologia do campo à mesa**. jun/2006. Disponível em: <www.cib.org.br>. Acesso em 15 de maio de 2015.
- CORRÊA, et al. Equilíbrio higroscópico de milho, alpiste e painço: obtenção e modelagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.1, p.162-167, 2006.
- DELL'AQUILA, A. & SPADA, P. Regulation of protein synthesis in germinating wheat embryos under polyethylene glycol and salt stress. **Seed Science Research**, New York, v.2, n.2, p.75-80, 1992.
- DELOUCHE, J.C. & BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO. **Safra mundial de milho 2014/15**. São Paulo: FIESP, 2015. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>> Acesso em: 28 de abril de 2016.
- DIAS, D.C.F.S. & MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.26-41, 1995.
- DODE, J. de S.; et al. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p. 193- 198, 2013.
- FARONI, L.R.A. Manejo das pragas de grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 76, p. 36-43, 1992.
- FELLOWS, J. P. **Tecnologia do processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2.ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
- FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Plantas de alto desempenho e a produtividade da soja**. SeedNews. v.16, n.6, 2012. Disponível em: <www.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/940086/1/ID33779.pdf> Acesso em: 09 de junho de 2015.
- FRANKOWICZ, M.; CHRENOWSKI, M. **Application of Preisach model to adsorption - desorption hysteresis**. Physica B, v.372, p.219-221, 2006.

- FILHO, J. B.; PAVÃO, A. R. Impactos econômicos da introdução de milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v.42, n.1, jan/mar. 2011.
- GRISI, P. U.; SANTOS, C.M. Influencia do armazenamento na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia; v. 1, n.7, 14p. 2007.
- HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. 3ed. Zurich : ISTA, 1995. 117p.
- HARRINGTON, J. Drying, storage and packaging: present status and future needs. In: SHOFT COURSE FOR SEEDSMEN, 1971, Mississippi State. **Proceedings**. Mississippi State, 1971, p.133- 139.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 380 p.
- KRAMER, Paul J. e KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
- LAZZARI, F. **Contaminação fúngica de sementes, grãos e rações**. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, Passo Fundo, 1993. Anais. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1993. p.59-61.
- MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-branca (Avena sativa L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.
- MARÇALLO, Francisco Antonio. **Armazenamento de sementes de milho em atmosfera modificada com dióxido de carbono**. 2006, 92p. Dissertação (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós- Graduação em agronomia, Curitiba, 2006.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia das sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495p.
- MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N. de; CONCENÇO, G. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.84-94, 2006.
- MENDES, C.R. et al. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.171-176, 2009.
- MENEZES, D.; GOMES, A.C.S. & GUIMARÃES, R.M. Influência do tamanho da semente de milho (*Zea mays* L.) na sua qualidade fisiológica. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES**. Campo Grande, 1991. Informativo ABRATES, Londrina, v.1, n.4, p.36, 1991.
- MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach Science, 1980. 407 p.

MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; SILVA, E. R. **Efeitos do tamanho de sementes, adubação orgânica e densidade de semeadura sobre o comportamento agrônomo de milho (*Zea mays* L.)**. UFRRJ: Seropédica, v. 36, n. 1/2, p. 37-41, 2002.

NICOLAS, G., SILLANS, D. Immediate and latent effects of carbon dioxide on insects. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v.34, p.97-117, 1989.

PEIXOTO, C. M. A origem do milho. **SeedNews**. mar/abril. 2002. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>> Acesso em: 15 de maio de 2015.

PAIXÃO, M. F.; et al. Controle alternativo do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais*, em armazenamento com subprodutos do processamento do xisto, no Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Curitiba, 2009.

PEIXOTO, C. M. **O milho no Brasil, sua importância e inovação**. Dupont Pioneer. [s.l.n.]. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/Media-Center/Pages/DetalheArtigo.aspx?p=165&t=O+milho+no+Brasil%2c+sua+import%u00e2ncia+e+evolu%u00e7%u00e3o>> Acesso em: 15 de maio de 2015.

PERRY, D. A. Seed vigour and field establishment. **Horticulture**, Londres, v.4, n.2, p.334-342, 1972.

PINTO, U. M.; FARONI, L. R. D. A.; ALVES, W. M.; SILVA, A. A. L. **Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação**. Acta Scientiarum, v.24, p.1407-1412, 2002.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PRIESTLEY, D.A. **Seed ageing**. New York: Comstock Publication Association, 1986.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.

ROSA, S. D. V. F. et al. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.54-63, 2000.

RAZERA, L. F. et al. **Armazenamento de sementes de arroz e milho em diferentes embalagens e localidades paulistas**. Campinas, v.45, n.2, p.337- 352, 1986.

ROBERTS, E. H. **Storage environment and the control of viability**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. Cap 2, p.14- 58.

ROBERTS, E. H. Physiology of aging and its application to drying and storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 2, p. 359-372, Apr./June 1981.

ROCKLAND, L.B. Water activity and storage stability. **Food Technology**, Chicago, v. 23, n.4, p.1241-1251, 1969.

SAMAPUNDO, S.; DEVLIEGHERE, F.; MEULENAER, B. D.; TUKWASE, A.; LAMBONI, Y.; DEBEVERE, J.M. **Sorption isotherms and isosteric heats of sorption of whole yellow dent corn**. Journal of Food Engineering, v.79, p.168-175, 2007.

SANTIPRACHA, W. et al. Hybrid corn quality and accelerated aging. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, p.203- 208, 1997.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 110- 119, 2004.

SANTOS, J. P.; MAIA, J. D. G.; CRUZ, I. Efeito da infestação pelo gorgulho (*Sitophilus zeamais*) e traça (*Sitotroga cerealella*) sobre a germinação de sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.25, n.12, dez, 1990.

SASSERON, J. L. **Avaliação de propriedades físicas e curvas de secagem, em camadas finas, de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L)**. Viçosa: UFV, 1984.

SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. de. **Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado**. Piracicaba: Scientia Agricola, v.57, n.2, p.263-270, abr./jun. 2000

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigour to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.816- 822, 1991.

TOLEDO, J.F.F.; et al. Genetics and breeding. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de soja (Londrina, PR). **Tropical soybean: Improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p. 19-36.

TOLEDO, F. F. de; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. De A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28,n.2, p.26- 33, 2006.

TOSCANO, L.C. et al. **Resistência e mecanismos envolvidos em genótipos de milho em relação ao ataque do gorgulho, *Sitophilus Zeamais* Mots (Coleoptera, Curculionidae)**. An. Soc. Entomol. Bras., v.28, n.1, p.141-147, 1999.

TUNC, S.; DUMAN, O. **Thermodynamic properties and moisture adsorption isotherms of cottonseed protein isolate and different forms of cottonseed samples**. Journal of Food Engineering, v.81, p.133-143, 2007.

VERTUCCI, C.W. Predicting the optimum storage conditions for seeds using thermodynamic principles. **Journal Seed Technology**, Lansing, v.17, n.2, p.41-53, 1993.

VERTUCCI, C.W. & FARRANT, J.M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J. & GALILI, G (ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. p.237-271.

VERTUCCI, C.W. & ROOS, E.E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, Rockville, v.94, n.3, p.1019-1023, 1990.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VILLELA, F. A. O potencial de armazenamento de cada semente. [S.L.]: **SEEDnews**, n.4, jul/ago 2009. Disponível em:
<http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=31>
Acesso em: 28 maio de 2015.

VILLELA, F. A.; MARCOS FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**. v.20, n.2, p.79-83, 1998.

WESTGATE, M.E. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. **Crop Science**, Madison, v.34, n.1, p.76-83, 1994.

WOODSTOCK, L.W. Seed Imbibition: a critical period for successful germination. **Journal or Seed Technology**, Lincoln, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

APÊNDICE A: Fotografias do experimento

Fotografia 1- Câmaras de armazenamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 2- Interior da câmara



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 3- Leitura da concentração de O₂



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 4- Determinação de umidade



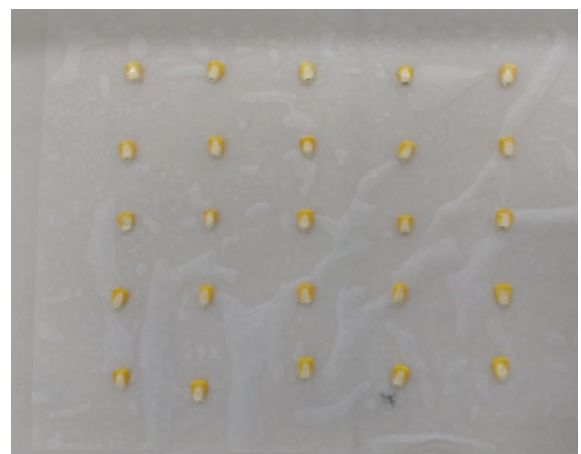
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 5- Sementes de cada tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 6- Teste de germinação



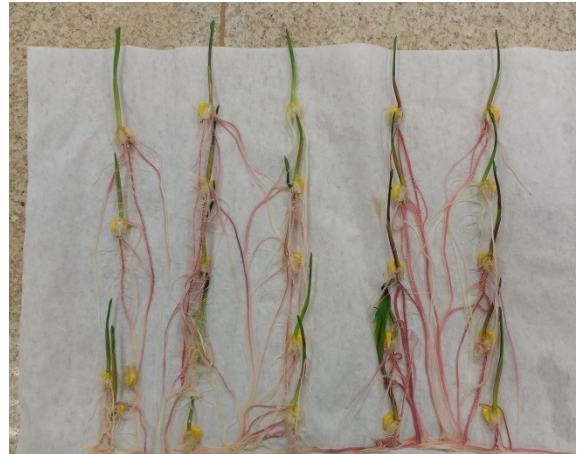
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 7- Rolos teste de germinação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 8- Teste de germinação



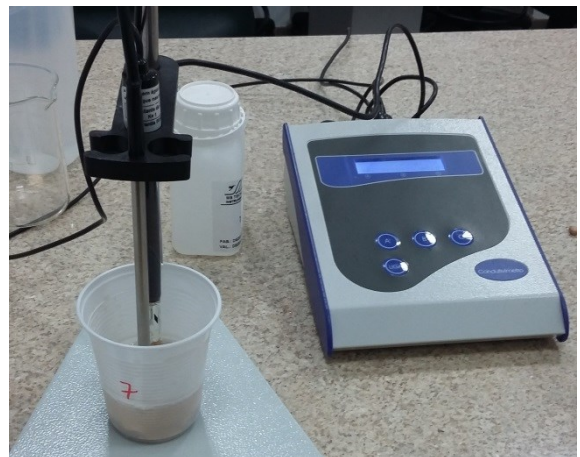
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 9- Teste de condutividade elétrica



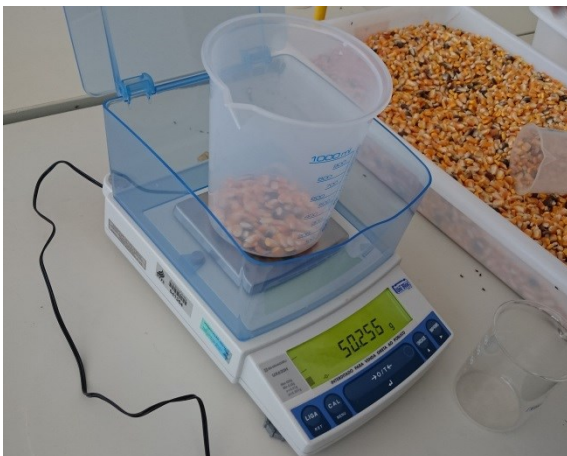
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 10- Leitura da condutividade



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 11- Peso de mil sementes



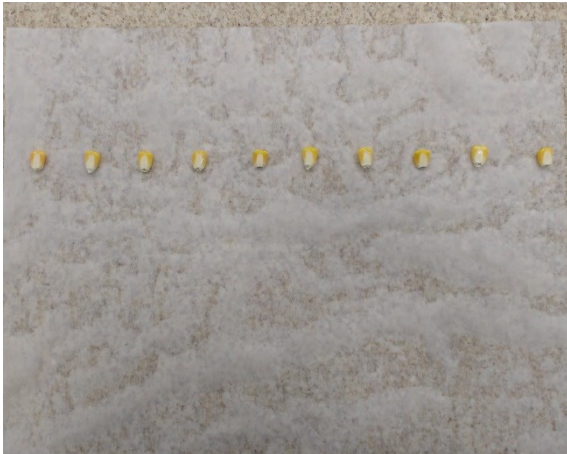
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 12- Teste de respiração



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 13- Tamanho de plântula



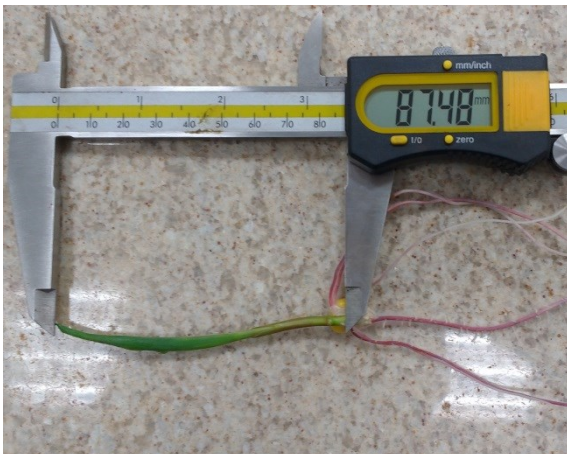
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 14- Tamanho de plântula



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Fotografia 15- Tamanho de plântula



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 16- Plântulas anormais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 17- Bandejas para IVE



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 18- Plântula com 2 cm



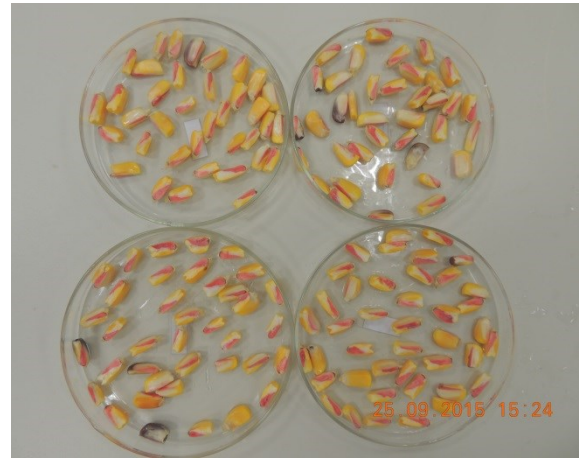
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 19- Danos por *Sitophilus zeamais*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 20- Teste de tetrazólio



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 21- Sementes inviáveis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

Fotografia 22- Sementes viáveis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015*