

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

**RESFRIAMENTO DINÂMICO, ARMAZENAMENTO E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

**Fabiano Carlos Ferreira**

Pelotas, 2015

**Fabiano Carlos Ferreira**

**RESFRIAMENTO DINÂMICO, ARMAZENAMENTO E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Co-orientador: Prof. Dr. Flavio Carlos Dalchiavon.

Pelotas, 2015

Dados de catalogação na fonte:  
Ubirajara Buddin Cruz – CRB 10/901

Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

**F383r      Ferreira, Fabiano Carlos**

**Resfriamento dinâmico, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja / Fabiano Carlos Ferreira. – 45f. : il. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, 2015. – Orientador Francisco Amaral Villela.**

**1.Sementes. 2.Soja. 3.*Glycine max*. 4.Armazenagem. 5.Temperatura. 6.Geminação. 7.Vigor. I.Villela, Francisco Amaral..II.Título.**

CDD: 633.34

Fabiano Carlos Ferreira

## **RESFRIAMENTO DINÂMICO, ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em ciências e Tecnologia de Sementes, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 01/06/2015

Banca Examinadora:

.....  
Prof. Dr. Francisco Amaral Villela  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo

.....  
Geri Eduardo Meneghello  
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Prof<sup>a</sup>. Dra Rita de Cássia Fraga Damé  
Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....  
Suemar Alexandre Gonsalves Avelar  
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho aos meus pais, Luzia Pinheiro de Moraes Ferreira e João Carlos Ferreira (*in memoriam*), à minha família e a todos que de alguma forma tiveram participação ou influência direta e indireta em toda trajetória de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À empresa Carlos Ernesto Augustin (Sementes Petrovina) e toda equipe pelo apoio e incentivo à realização do curso.

Ao engenheiro agrônomo Breno Hinnah, pela confiança e incentivo no início de minha carreira profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, em parceria com o Instituto Business Group pela oportunidade oferecida para a realização do Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Ao professor orientador Dr. Francisco Amaral Villela e demais professores que ajudaram na condução da dissertação.

Ao amigo professor co-orientador Dr. Flavio Carlos Dalchiavon, pela amizade de tempos e pelo apoio na condução da dissertação.

À minha família, pelo incentivo, em especial para meu pai João Carlos Ferreira (In memorian), o qual ficaria orgulhoso por mais um objetivo conquistado em minha vida.

A todos professores e colegas, os quais tiveram grande importância no aprendizado e troca de experiências durante o curso.

E a Deus, por ter me concedido o privilégio de realizar este grande desafio.

A todos, meu muito obrigado.

## RESUMO

FERREIRA, Carlos Fabiano. **Resfriamento dinâmico, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 45 f. Dissertação (Mestrado Profissional). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade federal de Pelotas. Pelotas - RS, 2015.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao resfriamento no momento do ensaque e mantidas resfriadas em armazém com temperatura controlada ou não. O armazenamento foi realizado em um armazém resfriado e outro não. Utilizaram-se sementes de soja, variedade M7639RR, produzidas na safra 2013/2014 na empresa Sementes Petrovina, localizada no município de Pedra Preta, Estado de Mato Grosso. Um lote de sementes foi dividido em duas partes e cada uma dessas partes foi subdividida em três partes (sub lotes), cada um submetido a um tratamento. No primeiro e no segundo sub lotes, as sementes foram submetidas ao resfriamento no momento do ensaque a 13°C (T1-SRE13) e a 17°C (T2-SRE17), respectivamente. No terceiro, as sementes não foram resfriadas no momento do ensaque (T3-SNRE). Os sub lotes foram mantidos em um armazém convencional e em um armazém resfriado. Durante o armazenamento, foram monitoradas a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a temperatura da massa de sementes. As sementes foram submetidas aos testes de germinação, tetrazólio (viabilidade e vigor), envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em canteiro. As amostras foram coletadas em seis épocas (0, 45, 90, 135, 180 e 225 dias). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial triplo 3x2x6 (três procedimentos de resfriamento, duas condições de armazenamento e seis épocas de avaliação). Concluiu-se que o resfriamento artificial a 13°C no ensaque seguido de manutenção em armazém resfriado sob temperatura de 20°C assegura a preservação da qualidade fisiológica de sementes de soja, por 225 dias. A temperatura da massa de sementes de soja submetida ao resfriamento dinâmico entra em equilíbrio térmico após 20 a 30 dias, tanto em armazém com e sem resfriamento. A germinação das sementes submetidas ao resfriamento dinâmico é mantida durante o armazenamento sob condições controladas ou não de ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, armazenagem, temperatura, germinação, vigor.

## ABSTRACT

FERREIRA, Carlos Fabiano. **Dynamic cooling, storage and physiological quality of soybean seeds**. 45 p. Dissertation (Professional Master Degree). Graduate Program in Seed Science and Technology. Federal University of Pelotas. Pelotas - RS, 2015.

This study aimed to evaluate the physiological quality of soybean seeds subjected to cooling at the bagging and kept refrigerated in storage with controlled temperature or not. The seeds were stored in a cold warehouse and another not. Were used soybean seeds, variety M7639RR produced in the 2013/2014 crop, located in Pedra Preta County, State of Mato Grosso, Brazil. A seed lot was divided into two portions and each was subdivided into three parts (sub lots), each subjected to a treatment. In the first and second sub lots, the seeds were subjected to cooling at the time of bagging at 13 °C (T1-SRE13) and 17 °C (T2-SRE17), respectively. In the third, the seeds were not cooled at the time of bagging (T3-SNRE). The sub lots were kept on a conventional warehouse and a cold warehouse. During storage were monitored air temperature, relative air humidity and the temperature of the seeds. The seeds were submitted to germination, tetrazolium (viability and vigor), accelerated aging and emergency. The samples were collected at six times (0, 45, 90, 135, 180 and 225 days). The experimental design was completely randomized in a factorial 3x2x6 (three cooling procedures, two storage conditions and six evaluation periods). It was concluded that the artificial cooling to 13°C in bagging followed by maintenance in cold storage under 20 °C ensures the preservation of physiological quality of soybean seeds for 225 days. The temperature of the soybean seeds subjected to a dynamic cooling enter into thermal equilibrium after 20 to 30 days, both in storage with and without cooling. The germination of seeds subjected to a dynamic cooling is maintained during storage under controlled environment conditions or not.

Key words: *Glycine max*, storage, temperature, germination, vigor.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura1 - Comportamento diário da temperatura (°C) no ambiente interno, da massa de sementes dos tratamentos: T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) do armazém resfriado, durante 225 dias de armazenamento .....	15
Figura 2 - Comportamento diário da temperatura (°C) no ambiente interno, da massa de sementes dos tratamentos: T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) do armazém não resfriado durante 225 dias de armazenamento .....	17
Figura 3 - Comportamento da umidade relativa no interior dos armazéns resfriado e não resfriado durante 225 dias de armazenamento .....	18
Figura 4 - Porcentagem da germinação para a média dos tratamentos 1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) durante 225 dias em armazém resfriado (AR) e armazém não resfriado (ANR) .....	20
Figura 5 - Viabilidade de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas a 13°C no ensaque), T2- SRE17 (sementes resfriadas a 17° C no ensaque) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento em armazém resfriado .....	21

Figura 6 - Viabilidade de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque),ao longo de 225 dias de armazenamento não armazém resfriado .....	22
Figura 7 - Vigor de sementes de soja pelo teste de tetrazólio, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado .....	23
Figura 8 - Vigor de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento em armazém não resfriado .....	24
Figura 9 - Envelhecimento acelerado de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado .....	25
Figura 10 - Envelhecimento acelerado de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento em ambiente não resfriado .....	26

Figura 11 - Emergência de plântulas em canteiro formadas de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado .....	27
Figura12 - Emergência de plântulas em canteiro formadas de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém não resfriado .....	28

## LISTA DE TABELA

	Página
Tabela 1 – Resumo do quadro da análise de variância para três procedimentos de resfriamento, duas condições de armazenamento e seis épocas de avaliação .....	14
Tabela 2 - Comparação do teor de água dos tratamentos dos tratamentos: T1- SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) armazenadas nos armazéns resfriado e não resfriado .....	19

## SUMÁRIO

Página

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Aspectos gerais da cultura da soja .....	3
2.2 Fatores relacionados às sementes de soja .....	4
2.2.1 Fatores genéticos .....	4
2.2.2 Fatores físicos.....	4
2.2.3 Fatores fisiológicos .....	5
2.3. Armazenamento das sementes.....	6
2.3.1 Teor de água das sementes .....	7
2.3.2 Temperatura e umidade relativa do ambiente .....	8
2.4. Resfriamento artificial de sementes .....	9
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
4.1 Condições ambientais no armazém .....	15
4.1.1 Fatores ligados à temperatura .....	15
4.1.2 Fatores ligados à umidade relativa .....	17
4.1.3 Fatores ligados à qualidade fisiológica .....	19
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

A soja é uma espécie pertencente à família Fabaceae de grande importância econômica, atualmente considerada a cultura líder de produção mundial, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais, em razão do desempenho das lavouras nas diversas regiões do país. Estimativas apontam para uma expectativa de produção na safra 2014/15 de 94,3 milhões de toneladas, representando um incremento de 9,5% em relação ao produzido no ano anterior (CONAB, 2015).

No Brasil, a taxa de utilização de sementes de soja na safra 2013/14 alcançou 64%. Considerando que a área cultivada foi de 30173,1 milhões hectares, isso representa 10862,3 milhões de hectares que são cultivados com sementes salvas ou piratas (CONAB, 2015).

Por se tratar de uma cultura de grande importância econômica com elevadas produtividades e um mercado enorme a ser explorado, a cultura da soja sofre ainda alguns entraves, entre eles, as reduções de qualidade de sementes. Essas reduções são observadas na qualidade fisiológica durante a colheita, o transporte, o beneficiamento e no período de armazenamento.

As sementes de soja sofrem grandes reduções de qualidade durante o período de armazenamento, pois por se tratar de cultura de verão no Brasil, as sementes ficam armazenadas por longos períodos. Nesse período, as sementes podem sofrer deterioração decorrente de ataques de pragas e doenças, bem como perdas devido ao aumento da umidade relativa do ar e da temperatura. Esses fatores podem acarretar a redução do potencial de germinação ou até mesmo a perda da viabilidade das sementes.

Por se tratar de uma cultura de elevado valor agregado, é de fundamental importância a redução de prejuízos, na produção dessa fabaceae. Dessa forma, o resfriamento artificial de sementes, constitui-se em importante ferramenta para o controle da temperatura e da umidade relativa do ar, o que permite uma redução da proliferação de patógenos e o consumo de substâncias de reserva das sementes.

O resfriamento artificial de sementes consiste basicamente em uma técnica de insuflação de ar resfriado, durante o ensaque em silos (resfriamento artificial dinâmico) e/ou durante o período de armazenamento (resfriamento artificial estático). O

resfriamento artificial de sementes é uma importante ferramenta que vem revolucionando o armazenamento de sementes, pois o uso dessa tecnologia tem possibilitado a implantação deste sistema para grandes volumes de sementes.

Os benefícios alcançados pelo uso da tecnologia de resfriamento artificial de sementes estão sendo estudados recentemente e têm sido observados promissores resultados com o uso dessa ferramenta.

Em pesquisa sobre o processo de resfriamento dinâmico, ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de soja resfriadas no momento do ensaque e não resfriadas, Zuchi et al. (2014) verificaram que o resfriamento artificial melhorou a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de apenas dois dos três cultivares e que após 15 dias de armazenamento as temperaturas da massa de sementes de lotes resfriados e/ou não, já se equiparam e atingiram o equilíbrio térmico com a temperatura do armazém. Assim sendo, esses autores sugeriram aos pesquisadores aprofundar estudos sobre o resfriamento artificial de sementes.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja, submetidas ao resfriamento no momento do ensaque e mantidas em armazém com temperatura controlada ou não.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Aspectos gerais da cultura da soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill) possui como centro de origem o continente asiático, mais precisamente a região da China Antiga (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005). Atualmente, é uma das espécies mais cultivadas e consumidas no mundo (CONAB, 2015).

A soja se destaca como a principal cultura brasileira entre os cereais, leguminosas e oleaginosas, em função do relevante retorno econômico ao produtor rural. (IBGE 2015). Diante disso, a produção de sementes de qualidade se torna um fator de fundamental importância.

A produção de sementes de alta qualidade representa uma das principais prioridades para o sucesso da cultura da soja. Essa tarefa, no entanto, é mais complexa em relação a outras plantas cultivadas, pois as sementes de soja caracterizam-se por grande sensibilidade aos agentes mecânicos, patogênicos e às condições climáticas. Desta forma, situações ligeiramente desfavoráveis para outras espécies podem contribuir significativamente para acelerar a deterioração de sementes de soja (MARCOS FILHO et al., 1985).

As sementes de soja passam por várias fases delicadas, do campo ao armazenamento. De acordo com Cunha et al. (2009), durante a colheita, no momento da trilha, a semente fica suscetível ao dano mecânico (imediate ou latente). O armazenamento também apresenta elevada importância porque pode influenciar expressivamente a qualidade das sementes, principalmente em função de danos latentes. A semente de soja é muito sensível a impactos mecânicos, ainda que parte desses danos possa aparecer apenas após as operações de secagem beneficiamento e armazenagem (COSTA et al., 2005).

Nesse sentido, na busca para estabelecer um padrão de sementes de soja viáveis, serão demonstrados ao longo desta revisão abordagens que visam reduzir impactos da qualidade de sementes ocasionados por danos latentes ou não latentes. Assim sendo, possibilitar ao produtor uma base rentável ao estabelecimento de plantas oriundas de sementes de alta qualidade.

## 2.2 - Fatores relacionados às sementes de soja

### 2.2.1 - Fatores genéticos

A qualidade genética envolve a pureza varietal, potencial de produtividade, resistência a pragas e doenças, precocidade, qualidade do grão e resistência a condições adversas de solo e clima, entre outros (PESKE et al., 2006). O sucesso de um programa de produção de soja depende da utilização de cultivares adequadas. Além de possuir bons potenciais de produtividade, as cultivares devem produzir sementes de alta qualidade, o que assegurará a obtenção de estandes adequados de plantas (FRANÇA NETO et al., 2007).

Nos últimos anos, tem-se dado bastante ênfase em características genéticas das sementes que possibilitem um maior desempenho para o estabelecimento no campo. Algumas dessas características já foram ou estão sendo incorporadas em cultivares de algumas espécies. Pesquisas recentes, realizadas por Rodrigues (2010), verificaram que no universo da produção de sementes, especificamente da qualidade da semente, o vigor se divide em vigor genético e vigor fisiológico, sendo o primeiro intrínseco à semente, resultante da expressão dos genes da planta, e o segundo influenciado por fatores externos como condições ambientais e práticas de manejo.

Desse modo a genética deve contribuir especificamente para a busca de plantas que irão reproduzir as características selecionadas pelo melhorista e originar um produto em quantidade e com a qualidade esperada pelo agricultor e consumidor (PESKE et al., 2006).

### 2.2.2 - Fatores físicos

A qualidade física da semente de soja no que concerne a pureza física, uniformidade e dano mecânico é importante para o estabelecimento da lavoura. A integridade física é fundamental para o pleno desempenho no campo e quanto à germinação e à emergência de plântula (FRANÇA NETO e HENNING, 1984).

Os efeitos da danificação mecânica sobre o vigor e a viabilidade podem ser imediatos, se as sementes tornarem-se incapazes de germinar, e latentes, se a germinação não é atingida imediatamente, mas o vigor, o potencial de armazenamento e o desempenho da semente no campo apresentam redução (COSTA, 2009).

De acordo com Bunch (1962), sementes mecanicamente danificadas não mantêm o vigor e a viabilidade durante o armazenamento devido ao fato de que danos interferem na taxa de respiração e permitem a entrada de microrganismos.

As danificações mecânicas podem se manifestar imediatamente ou após alguns meses de armazenamento, o chamado efeito latente. Nem todos os danos mecânicos são visíveis, inclusive em caso de sementes com um pouco mais de umidade, os danos não visíveis podem estar em maior proporção e causar desagradáveis surpresas. Danificações também podem ocorrer na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), principalmente se as sementes passam por elevadores, sofrendo quedas, impactos e abrasões que causam lesões no tegumento (PESKE et al., 2006).

### 2.2.3 - Fatores fisiológicos

Inicialmente, na fase de campo, as condições climáticas adversas que ocorrem no período que vai desde a maturidade fisiológica até a colheita, podem causar um aumento da velocidade de deterioração da semente de soja. As causas desta deterioração são altas temperaturas, alta umidade e alternância dessas condições (PESKE et al., 2006).

A deterioração por umidade é a fase desse processo que ocorre após a maturidade fisiológica, antes, porém, de a semente ser colhida. É um dos fatores mais decrementais que afetam a qualidade da semente de soja, (FRANÇA-NETO et al., 2007).

Na fase final do processo de maturação e na operação de colheita, há necessidade de cuidados críticos para obtenção de sementes de alta qualidade, o momento em que a semente atinge um grau de umidade adequado para a colheita mecanizada pode ser extremamente prejudicial, principalmente se ocorrem flutuações de temperatura e de umidade relativa. (MARCOS FILHO et al., 1985).

A semente de soja é altamente higroscópica e absorve facilmente a água do ambiente, tendo o grau de umidade dependente das oscilações do meio. As lesões causadas pelas expansões e contrações do tegumento, após uma série de ciclos de umedecimento e secagem, acentuam a fragilidade, reduzindo a proteção da semente e causando prejuízos ao adequado desempenho (FRANÇA NETO e HENNING, 1984).

Segundo Oliveira et al. (2012), é importante manter a qualidade fisiológica de sementes de soja para o estabelecimento da cultura no campo. Portanto, uma maior atenção voltada para a realização de testes que avaliem a qualidade das sementes, com ênfase no vigor, o qual se caracteriza através da avaliação dos lotes de sementes, os quais podem apresentar diferentes desempenhos em campo e no laboratório devido ao processo de produção das sementes, beneficiamento e armazenamento interferindo no valor final da comercialização.

A qualidade fisiológica também pode ser comprometida no momento da colheita. Cunha (2009) verificou a qualidade das sementes de acordo com a regulação de máquinas durante a colheita mecanizada e observou que máquinas bem reguladas não causaram alterações na qualidade das sementes nelas colhidas, no entanto, no armazenamento houve redução do vigor das sementes colhidas.

### 2.3 - Armazenamento das sementes

O principal objetivo do armazenamento é a manutenção da qualidade das sementes, reduzindo ao mínimo a deterioração. O armazenamento inicia quando as sementes atingem a maturidade fisiológica pouco antes da colheita e termina depois que estão prontas para serem semeadas. Durante todo esse período, há uma série de fatores que influenciam o potencial de armazenamento das sementes. Esses fatores são especialmente importantes nos períodos de pré e pós-colheita, até que as sementes já ensacadas entrem no armazém. Esse período determina o nível de qualidade inicial com que as sementes estão entrando ou iniciando o armazenamento (PESKE et al., 2006).

A preservação da qualidade das sementes durante o armazenamento, ou seja, da colheita até o momento da semeadura, é um aspecto fundamental a ser considerado no processo produtivo, pois os esforços despendidos na fase de produção podem não ser efetivos se a qualidade das sementes não for mantida, no mínimo, até a época da semeadura (OLIVEIRA et al., 1999).

Para Baudet e Villela (2012), a deterioração da semente é um processo irreversível, não se pode ser impedida, mas é possível retardar sua velocidade através do manejo correto e eficiente das condições ambientais durante o armazenamento em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, o que permite conservá-

las por longos períodos de tempo.

### 2.3.1 - Teor de água das sementes

As sementes provenientes do campo apresentam, em geral, teor de água inadequado para um armazenamento seguro. O elevado teor de água das sementes, no período compreendido entre a colheita e a secagem, contribui para acelerar o processo deteriorativo, em razão da elevada atividade metabólica (PESKE et al., 2006).

O fator mais importante que afeta a conservação das sementes é o teor de água que acima de 13%, não é desejável para armazenar sementes em geral. As sementes são higroscópicas, ou seja, têm a capacidade de trocar umidade com o ambiente que as rodeia. Em um ambiente úmido, as sementes secas absorverão umidade do ar e, inversamente, sementes úmidas em um ambiente seco perderão umidade para o ar (BAUDET e VILLELLA, 2012).

Estudos realizados por Cerqueira e Costa (1981) a respeito da influência da umidade inicial de armazenamento de 10 e 14% sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, cultivar IAC-6, armazenadas em condições normais de ambiente em Goiânia-GO, permitiram concluir que não houve reduções significativas de germinação e vigor tanto a 10 como a 14% de umidade inicial, por um período de até cinco meses de armazenamento (maio a outubro), pois, após três meses de armazenamento, a umidade estava em torno de 10%.

Não é recomendável armazenar sementes com teores de água em equilíbrio com umidades relativas do ar acima de 75%, a não ser que a temperatura seja menor do que 10°C. Acima desses valores de umidade e temperatura, as sementes começam a sofrer o ataque de patógenos associados a elas (BAUDET e VILLELLA, 2012).

Segundo Popinigis (1977), diferentes níveis de água na semente propiciam condições diversas durante o armazenamento. De acordo com os níveis de água contidos nesses produtos, ocorrem eventos que podem intervir no teor de água das sementes. Ainda de acordo com o autor, quanto maior o teor de água na semente armazenada, maior o número de fatores adversos à conservação de sua qualidade fisiológica.

### 2.3.2 - Temperatura e umidade relativa do ambiente

A temperatura e a umidade relativa do ar no local de armazenamento são os principais fatores que afetam a qualidade fisiológica da semente. A umidade relativa do ar controla o teor de água da semente, enquanto a temperatura afeta a velocidade dos processos bioquímicos. O nível de água nas sementes é em função da umidade relativa do ar (GOLDFARB e QUEIROGA, 2013).

A umidade das sementes é a característica mais estreitamente associada à deterioração, assim o armazenamento deve ser conduzido de maneira a reduzir ao mínimo essa atividade. A temperatura influencia diretamente na velocidade das reações bioquímicas, também acelerando a respiração e o desenvolvimento de microrganismos nas sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Existe uma correlação entre teor de água e temperatura da semente, no consumo de matéria seca pelos fungos de armazenamento. Segundo Lazzari (1997), o maior consumo ocorre nas temperaturas e teores de água mais elevados, pois, permitem maior crescimento fúngico. Então pode se concluir que condições desfavoráveis de armazenagem contribuem para a redução na viabilidade de sementes e para o decréscimo de qualidade de grãos.

Para Barreto e Demito (2009), a temperatura e umidade são os dois fatores decisivos na manutenção da qualidade das sementes durante a armazenagem. Cardoso et al. (2003), avaliando o comportamento de sementes de soja armazenadas em ambientes com temperatura e umidades controladas, constataram que as sementes de soja, armazenadas na parte superior das pilhas, sofreram redução da qualidade fisiológica após dois meses de armazenamento, devido a dificuldade de manter a temperatura acima das pilhas constante. Até 90 dias de armazenamento apresentaram germinação igual ou superior a 80% e com o decorrer do período de armazenagem, as sementes das duas pilhas tiveram redução acentuada no poder germinativo.

Segundo Baudet e Villela (2012), o armazenamento de sementes, em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, permite a conservação por longos períodos de tempo.

#### 2.4. Resfriamento artificial de sementes

As sementes precisam ser armazenadas desde sua colheita até a época de semeadura na temporada seguinte. Considerando que ao serem colhidas, as sementes são desligadas da planta mãe, que até esse momento era seu ambiente natural, passa a ser responsabilidade do homem a conservação nas melhores condições durante todo esse período (PESKE et al., 2006).

No Brasil Central, a colheita de soja antecede as estações de outono e inverno e, em geral, no momento da colheita, observa-se que as temperaturas diurnas são elevadas e, frequentemente, as sementes chegam do campo com até 38°C. No processo de beneficiamento, esta temperatura é reduzida, sendo que no momento do ensaque, é comum encontrar temperaturas entre 25 e 28°C (BARRETO e DEMITO, 2009). Após a temporada da colheita, as sementes são armazenadas por longos períodos.

Para a conservação de sementes armazenadas, a temperatura é de grande importância, pois seu aumento acelera a maioria das reações bioquímicas. Baixa temperatura e baixo teor de água são favoráveis para a conservação viável da semente durante o armazenamento (BRAGANTINI, 2005).

No Brasil, a técnica de resfriamento vem sendo empregada de várias formas como o sistema que permite o resfriamento de sementes no momento do ensaque, após o beneficiamento ou em big-bags na recepção (armazenamento temporário). Todavia, o sucesso desta técnica se fundamenta na possibilidade de manutenção da temperatura inicial das sementes ensacadas em níveis seguros. Com a técnica do resfriamento é possível armazenar com segurança e até com teores de água acima do indicado para o armazenamento convencional (MAIER e NAVARRO, 2002).

O armazenamento de sementes em condições de ambiente controlado (temperatura e/ou umidade relativa do ar) permite a conservação por longos períodos de tempo (PESKE et al., 2006). O resfriamento artificial pode proporcionar condições adequadas para a armazenagem de sementes, pois permite insuflar ar frio através da massa de sementes e manter a temperatura baixa de forma a impedir a infestação e desenvolvimento de fungos, independentemente da região geográfica.

Resfriamento artificial de sementes de soja pode ocorrer de dois métodos, sendo um resfriamento artificial estático de sementes e outro o resfriamento artificial dinâmico,

de acordo com Barreto e Demito, (2009). O resfriamento artificial estático consiste na insuflação de ar frio na massa de sementes, armazenadas em silos, conduzindo o ar em sistema de ventilação por meio da movimentação mecânica do ar proveniente do ventilador centrífugo do equipamento resfriador, até atingir a temperatura desejada na massa de sementes.

No resfriamento artificial dinâmico, a semente é resfriada no seu movimento descendente por ação da gravidade em silos projetados para esta finalidade. O ar frio é conduzido em sentido contracorrente com o fluxo do produto. Este processo não altera a umidade inicial da semente, não ocasiona choque térmico e não há condensação de vapor de água na superfície da semente, pois o ar insuflado é frio e seco (DEMITO e BARRETO, 2009).

O resfriamento artificial dinâmico é uma técnica amplamente utilizada, em países produtores da América do Sul, para a conservação de sementes. A utilização do resfriamento dinâmico tem sido mais amplamente utilizada com o auxílio de nova tecnologia de insufladores de ar, que vem sendo recentemente implantados. Em pesquisa realizada por Canton (2010), com a insuflação de ar frio, no momento do ensaque de sementes de soja até atingir 15°C, com o auxílio de um resfriador, foi observado que no tratamento sem o resfriamento antes do ensaque, a germinação caiu 28 pontos percentuais (pp), baixando de 88% para 60%, enquanto as sementes resfriadas no momento do ensaque tiveram o potencial de germinação reduzido em apenas 3 pp, passando de 88% para 85% de germinação.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na empresa Sementes Petrovina, localizada na BR 364 km 119, Pedra Preta – Mato Grosso (latitude 16° 50' 28,3"S, longitude 54° 03' 35,4" W e altitude 734 metros). Foi utilizado um lote (18.000 kg) de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill), cultivar de ciclo precoce M7639RR, produzido na safra 2013/2014. Antes do momento do ensaque, o lote foi subdividido em sub lote, para compor três tratamentos de resfriamento das sementes. Cada sub lote foi acondicionado em seis embalagens (big bag), feito de polipropileno trançado com dimensões de 1,20 x 1,00 x 1,06 m, capacidade de 1000 kg cada um.

No momento do ensaque, um sub lote foi mantido em condições ambientais de temperatura, a qual ficou aproximadamente em 25 °C, e os outros dois sub lotes foram submetidos ao resfriamento dinâmico feito por um resfriador da marca CoolSeed, modelo PCS 120, com uma capacidade frigorífica de 363.636 kcal./h<sup>-1</sup>, resfriando em torno 35 toneladas por hora a uma temperatura média de 18 °C em processo dinâmico realizado em caixas de resfriamento.

Foram utilizadas duas caixas de resfriamento com a capacidade estática de 15 toneladas cada uma, sendo o ar frio produzido artificialmente conduzido pelos tubos de ventilação à baixa velocidade e insuflado através da massa de sementes a uma temperatura de 12°C. Ao passar pela massa de sementes, o ar frio realizava a troca de calor e umidade diminuindo ao decorrer do tempo a temperatura. Durante este processo foi necessário aguardar um período de duas horas insuflando ar frio para que a semente de soja diminuísse a temperatura para 17°C. A partir deste momento começou o resfriamento dinâmico e foi ensacado o primeiro sub lote. Após esse período foi necessário aguardar mais duas horas insuflando ar frio, para que a temperatura diminuísse para 13°C, para que fosse possível ensacar o outro sub lote a temperatura de 13°C, compondo assim três tratamentos de resfriamento T1-SRE13 (semente resfriada no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (semente resfriada no ensaque a 17° C) e T3-SNRE (semente não resfriada no ensaque).

As sementes de soja de cada tratamento (T1-SRE13 T2- SRE17 T3- SNRE) foram divididas em duas partes, composta de três big bag cada parte e mantidas em dois armazéns, sendo um armazém refrigerado (AR) e um armazém em condições

ambiente (ANR).

Cada armazém apresentava dimensões de 06 x 30 x 154 m, capacidade estática de 27720 m<sup>3</sup> e construído em alvenaria composto por paredes dupla de tijolo, piso cimentado, teto de zinco, revestido por uma manta térmica colocada para diminuir a temperatura do ambiente. Um armazém teve a temperatura e umidade relativa do ar controlada, utilizando o equipamento CoolSeed PSC 120 e o outro permaneceu todo o período de armazenamento sem controle das condições ambientais.

Foram armazenados em cada um dos ambientes, três big bag de cada tratamento (T1-SRE13 T2- SRE17 T3- SNRE) por um período de 225 dias. Durante esse período em cada armazém foram monitoradas a temperatura (T °C) e a umidade relativa do ambiente (UR %) do ambiente interno e a temperatura (T °C) da massa de sementes. Com auxílio de um aparelho medidor de T °C e UR %, da marca data logger DH 175 T2, foram realizadas leituras da T °C e UR % do ambiente interno, de hora em hora. Para medição da temperatura da massa de sementes foi utilizado um aparelho da marca data logger DH 175 T2 adaptado com uma sonda, a qual ficava introduzida no centro de um big-bag de cada tratamento durante todo período de armazenamento. Os dados eram gravados na memória do aparelho data logger e a leitura feita de quinze em quinze dias.

O experimento foi conduzido entre março e outubro de 2014, com três tratamentos (T1-SRE13 T2- SRE17 T3- SNRE), sendo cada tratamento composto por seis big bag e cada big bag considerado como uma unidade experimental. As sementes foram armazenadas em dois ambientes, sendo três unidades experimentais por tratamento em cada um dos armazéns (ANR) e (AR), totalizando 36 unidades experimentais.

As amostras para avaliação da qualidade das sementes de soja foram obtidas nos períodos 0, 45, 90, 135, 180 e 225 dias após o armazenamento, sendo coletadas três repetições por tratamento. Para a coleta foi utilizado um calador manual de 90 cm de comprimento, com seis septos e diâmetro de uma polegada, sendo este introduzido no meio do big bag, coletando 1 kg de semente de soja por amostra. As amostras foram colocadas em caixas de papel e encaminhadas para análise, no laboratório da empresa Sementes Petrovina.

No laboratório, as amostras foram separadas e identificadas conforme procedimento padrão da empresa, cada amostra foi homogeneizada em um homogeneizador Boerner, e realizadas as seguintes avaliações:

**Teor de água na semente:** foi utilizado um medidor de umidade digital da marca Gehaka G 810, calibrado e ajustado conforme a Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009), pelo método de estufa regulada a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , sendo para cada amostra realizada três vezes a medição da umidade (%).

**Teste de Germinação:** conduzido com oito repetições de cinquenta sementes por amostra, acondicionadas em rolos de papel toalha, umedecido com 2,5 vezes a massa do papel seco e colocadas em câmara de germinação sob temperatura constante de  $25^\circ\text{C}$ . As contagens foram efetuadas aos cinco dias após a semeadura, computando-se as porcentagens de plântulas anormais e normais e sementes mortas e infeccionadas, conforme as RAS (BRASIL, 2009);

**Envelhecimento Acelerado:** realizado com quatro repetições de cinquenta sementes por amostra, acondicionadas em caixas tipo gerbox, e colocadas em câmara incubadora (BOD), permanecendo em ambiente a  $41^\circ\text{C}$ , durante um período de 48 horas conforme a metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (1991). Após o período de envelhecimento foi conduzido o teste de germinação em rolo de papel, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao final do quinto dia após a semeadura, computam-se as plântulas consideradas normais (MARCOS FILHO, 1999).

**Tetrazólio:** conduzido com quatro repetições de cinquenta sementes, pré-condicionadas em papel germitest umedecido, com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso e mantida nestas condições por um período de 16 horas em temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Em seguida, as sementes foram depositadas em copos plásticos de 50 ml, sendo totalmente submersas em uma solução de sal de tetrazólio de 0,075%. As sementes permaneceram a temperatura de  $40^\circ\text{C}$  por um período de duas horas para ocorrer a coloração e permitir a interpretação dos dados, conforme a metodologia descrita por FRANÇA NETO et al. (1998). Computaram-se após os resultados de vigor e de viabilidade.

**Emergência em canteiro:** realizado com quatro repetições de cinquenta sementes por amostra, sendo distribuída em linhas no canteiro em sulcos espaçados de 0,05 metros, com 1,5 metros de comprimento e 0,03 metros de profundidade,

mantendo-se as sementes equidistantes. Foram realizadas contagens aos oito dias após a semeadura, computando-se as porcentagens de plântulas emergidas.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em fatorial triplo 3 x 2 x 6, sendo três procedimentos de resfriamento, duas condições de armazenamento (AR ANR) e seis épocas de avaliação (0, 45, 90, 135, 180 e 225 dias) com três repetições. Os dados apresentados em porcentagem foram submetidos à transformação  $x = \arcsen \sqrt{x}/100$ , em que x é o valor em percentual de cada variável transformada, para obter a normalidade dos dados. Para apresentação dos resultados os dados transformados foram colocados na forma original. Toda análise estatística foi feita através do programa WinStat MACHADO e CONCEIÇÃO (2006) e foi utilizada para interpretação dos dados a análise de variância (anova). O esquema da anova encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo do quadro da análise de variância para três procedimentos de resfriamento, duas condições de armazenamento e seis épocas de avaliação.

Fontes de variação	Grau de liberdade
<b>Resfriamento dinâmico (R)</b>	2
<b>Armazém (A)</b>	1
<b>Época de armazenamento (E)</b>	5
<b>R X A</b>	2
<b>R X E</b>	10
<b>A X E</b>	5
<b>R X A X E</b>	10
<b>Tratamentos</b>	35
<b>Blocos</b>	2
<b>Resíduo</b>	70
<b>Total</b>	107

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Condições ambientais no armazém

#### 4.1.1 - Fatores ligados à temperatura

Os dados obtidos permitiram observar a interferência do ambiente dentro dos armazéns (Figura 1 e 2), pois a temperatura do armazém interno no ambiente não resfriado (ANR) apresentou uma média de 24,6°C, enquanto o armazém resfriado (AR) manteve uma média de 21,1°C, portanto 3,5°C inferior, em média. Observa-se também que mesmo no AR houve uma demora de cinquenta dias para atingir uma temperatura constante próximo à média de 21,1 °C. Possivelmente, isso se deve ao fato de o armazém não estar com a sua capacidade estática máxima e neste período a porta do armazém era aberta frequentemente sempre que fosse necessária a acomodação dos lotes, sofrendo, portanto interferência do ambiente externo.

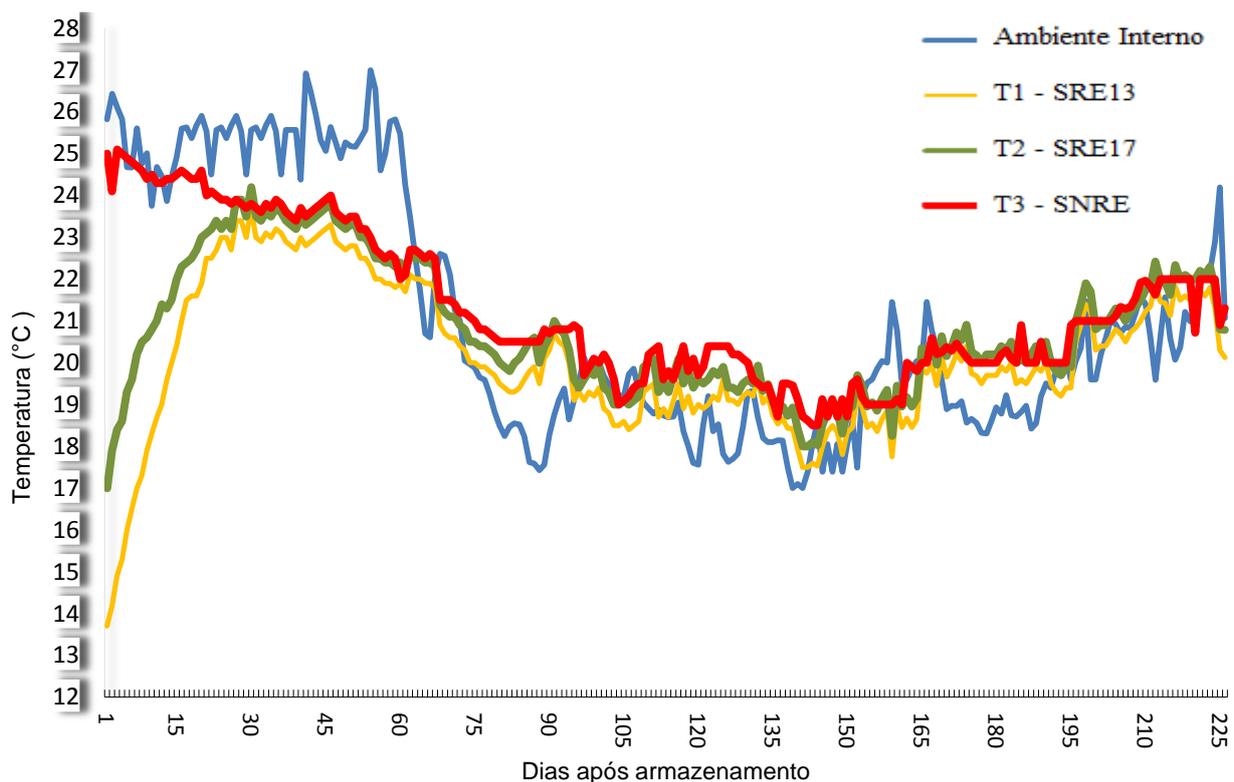


Figura 1 - Comportamento diário da temperatura (°C) no ambiente interno, da massa de sementes dos tratamentos: T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaqui a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaqui a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaqui) do armazém resfriado, durante 225 dias de armazenamento.

Passado esse período de acomodação dos lotes, não houve mais a abertura do armazém a todo o momento, sendo este menos influenciado pelas condições do ambiente externo. Desse modo, entre 60 e 225 dias, a média da temperatura ficou em 20 °C.

Observou-se também que a temperatura da massa de sementes de soja nos diferentes tratamentos, próximo ao vigésimo terceiro dia de armazenamento, entrou em equilíbrio, atingindo uma média de 23°C e ao quinquagésimo dia diminuiu para média de 21°C, sendo que a partir deste momento não houve variações que possam ser consideradas expressivas.

Diante disso, o resfriamento no momento do ensaque tanto a 13°C quanto a 17°C, se mostrou uma alternativa, que mesmo com o ambiente externo oscilando a temperatura, a massa de sementes conseguiu manter temperaturas amenas nos primeiros dias de armazenagem. Sendo que nestes dois tratamentos houve redução em média de 0,4° C e 0,27°C por dia, respectivamente, até entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente.

No armazém não resfriado (ANR), a temperatura média atingiu 24,6°C, além de ocorrerem oscilações de temperatura ao longo dos 225 dias. Estas temperaturas atingiram máximas de 29°C e mínimas em torno de 10°C (Figura 2). No entanto, mesmo com as oscilações do ambiente, a massa de sementes dos tratamentos entrou em equilíbrio próximo ao décimo nono dia e a partir deste período o ANR se equiparou ao mesmo comportamento do armazém resfriado (AR). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Zuchi et al. (2013), em que a temperatura da massa de sementes dos lotes condicionados ao resfriamento e lote sem resfriamento no momento do ensaque entrou em equilíbrio com o ambiente aos 15 dias após o armazenamento.

A oscilação da temperatura da massa de sementes ocorreu de maneira lenta e sem acentuadas variações entre os tratamentos. Isso possivelmente deu-se devido ao fato de a semente de soja possuir baixa condutividade térmica, independentemente do armazém em que a semente fique armazenada, ela atinge o equilíbrio térmico com o ambiente, sendo inexpressiva a oscilação, a qual permite visualizar a boa estabilidade térmica que a soja possui (KAZARIAN e HALL, 1965).

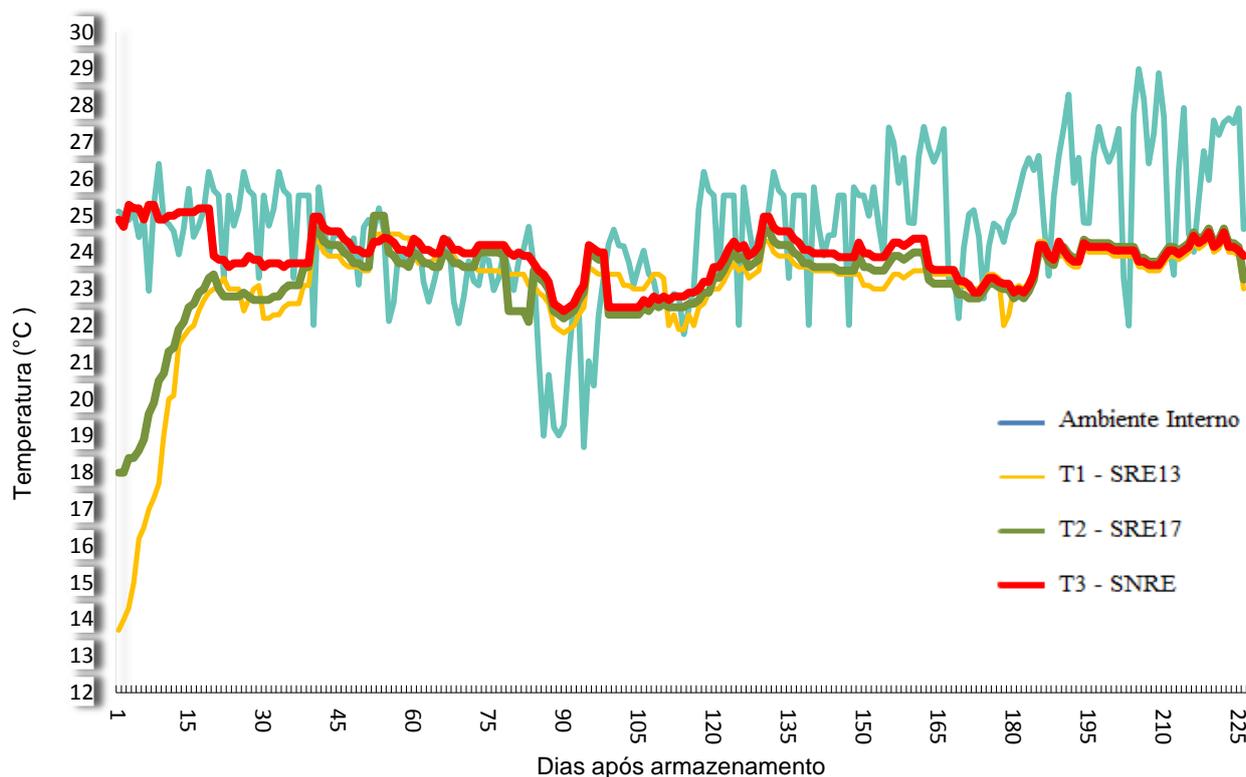


Figura 2 - Comportamento diário da temperatura (°C) no ambiente interno, da massa de sementes dos tratamentos: T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) do armazém não resfriado durante 225 dias de armazenamento.

#### 4.1.2 Fatores ligados à umidade relativa

Os resultados de umidade relativa (UR) monitorada com o auxílio do aparelho data logger demonstram que no interior do AR a UR oscilou entre 60 e 68%, apresentando certa estabilidade no interior do armazém (Figura 3).

No ANR até atingir o centésimo trigésimo quinto dia teve uma oscilação entre 63 e 75% na UR%. Passado esse período, a UR começou a diminuir chegando a 40% aos 165 dias e a 24% aos 200 dias, ficando no final do período de armazenamento em 50%.

Pode se verificar que no AR comparado com o ANR, o controle da temperatura e da umidade relativa permitiu manter as sementes em condições favoráveis, garantindo assim uma potencial preservação da longevidade e conseqüentemente uma superior qualidade nas sementes ao longo do armazenamento.

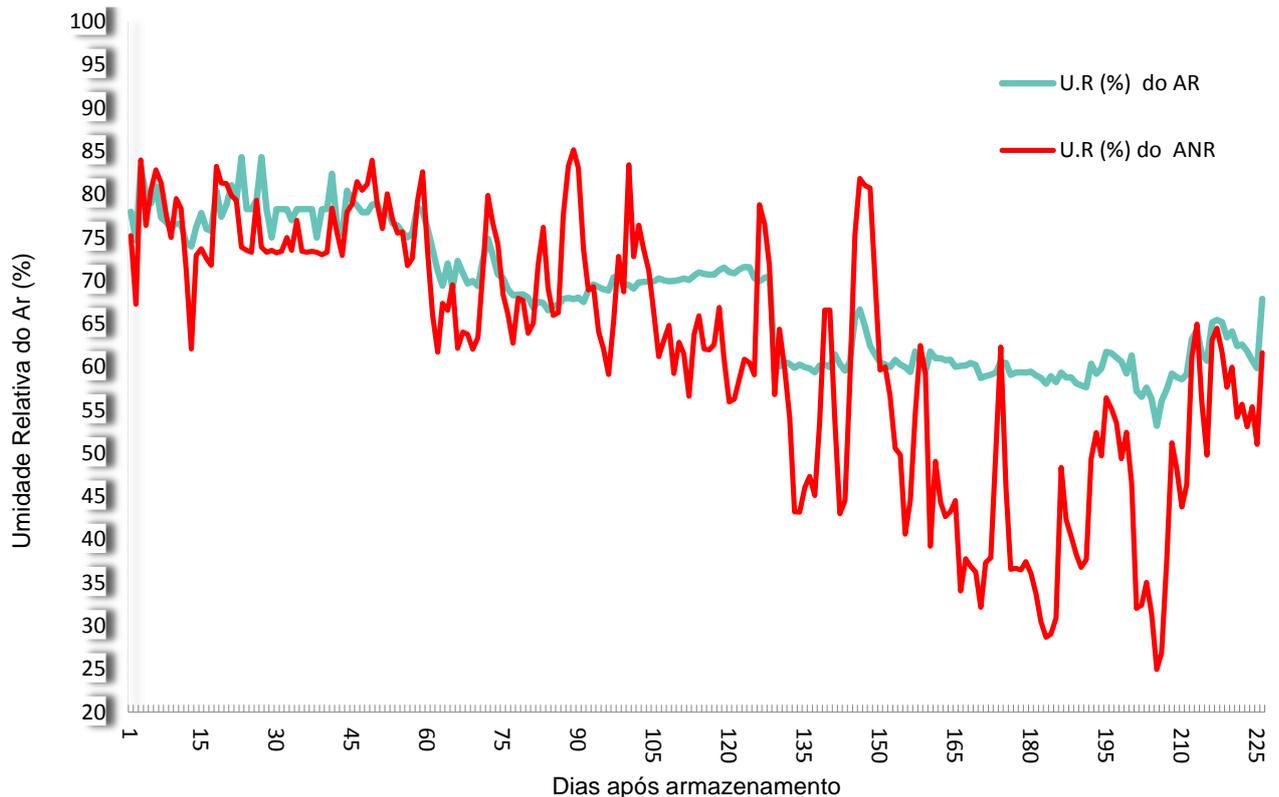


Figura 3 - Comportamento da umidade relativa no interior dos armazéns resfriado e não resfriado durante 225 dias de armazenamento.

A semente de soja apresenta higroscopicidade e de acordo com a relação das variações da temperatura e umidade relativa do ar, em um determinado período, pode ocorrer segundo um processo dinâmico de dessorção ou sorção de água entre as sementes e o ambiente, conforme Baudet e Villela (2012).

Na Tabela 2 é apresentado o comparativo do teor de água das sementes de soja nos três tratamentos e as duas condições ao longo do período de armazenamento.

Observa-se que no ANR, a partir do centésimo trigésimo quinto dia, período este que a UR começou a diminuir, houve maior redução no teor de água, chegando a 9,8 % no ducentésimo vigésimo quinto dia. O menor teor de água na semente de soja no final do armazenamento favorece o aumento de danos mecânicos no processo de tratamento de sementes e possíveis danos por embebição.

No AR, a variação foi menor, manteve a UR e temperatura visivelmente controlada. O AR teve menores oscilações de UR. A perda do teor de água na semente foi menor quando comparado o ANR, ficando próximo a 10,8 % no ducentésimo

vigésimo quinto dia, ou seja, 1pp de diferença entre os armazéns, dessa forma confirmando o benefício que o resfriamento artificial no interior do armazém pode proporcionar.

Em trabalho desenvolvido para determinar a resposta de sementes de soja, Demito e Afonso (2009) constataram redução no teor de água das sementes não resfriadas, em relação às resfriadas, com conseqüente redução no peso.

Tabela 2 - Comparação do teor de água dos tratamentos: T1-SRE14 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaque) armazenados nos armazéns resfriado e não resfriado.

Teor de água das sementes (%)						
DAA*	Armazém Resfriado			Armazém Não Resfriado		
	T1	T 2	T 3	T1	T 2	T 3
1	11,2	11,9	11,5	11,2	11,9	11,5
45	11,4	11,8	11,7	11,1	11,3	11,3
90	11,1	11,5	11,3	11,3	11,1	11,1
135	11,2	11,6	11,5	10,8	10,9	10,9
180	11,1	11,4	11,3	10,6	10,1	10,1
225	10,8	10,7	11	9,6	9,8	9,9
<b>Média</b>	<b>11,1</b>	<b>11,5</b>	<b>11,4</b>	<b>10,8</b>	<b>10,9</b>	<b>10,9</b>

\*DAA – Dias após a colocação no ambiente

#### 4.1.3 Fatores ligados à qualidade fisiológica

Os resultados obtidos na análise de variância permitem constatar que no teste de germinação não houve interação significativa entre os tratamentos T1-SRE13, T2-SRE17 e T3- SNRE de cada armazém. Contudo, houve significância entre o AR e o ANR, sendo então construído o gráfico por regressão polinomial, considerando a média dos tratamentos de cada armazém (Figura 4).

Observa-se que os tratamentos do AR apresentaram redução com tendência linear menos pronunciada da qualidade fisiológica do que no ANR, iniciando com germinação de 94% no primeiro dia de armazenagem e finalizando com 91% no ducentésimo vigésimo quinto dia, diminuindo três pontos percentuais (pp) durante o armazenamento.

As sementes armazenadas no ANR tiveram decréscimo também com tendência linear, porém mais acentuado de germinação. As sementes iniciaram com germinação de 94% e, ao atingirem o ducentésimo vigésimo quinto dia de armazenagem, atingiram germinação de 84%, havendo uma redução de 10 pp durante o armazenamento.

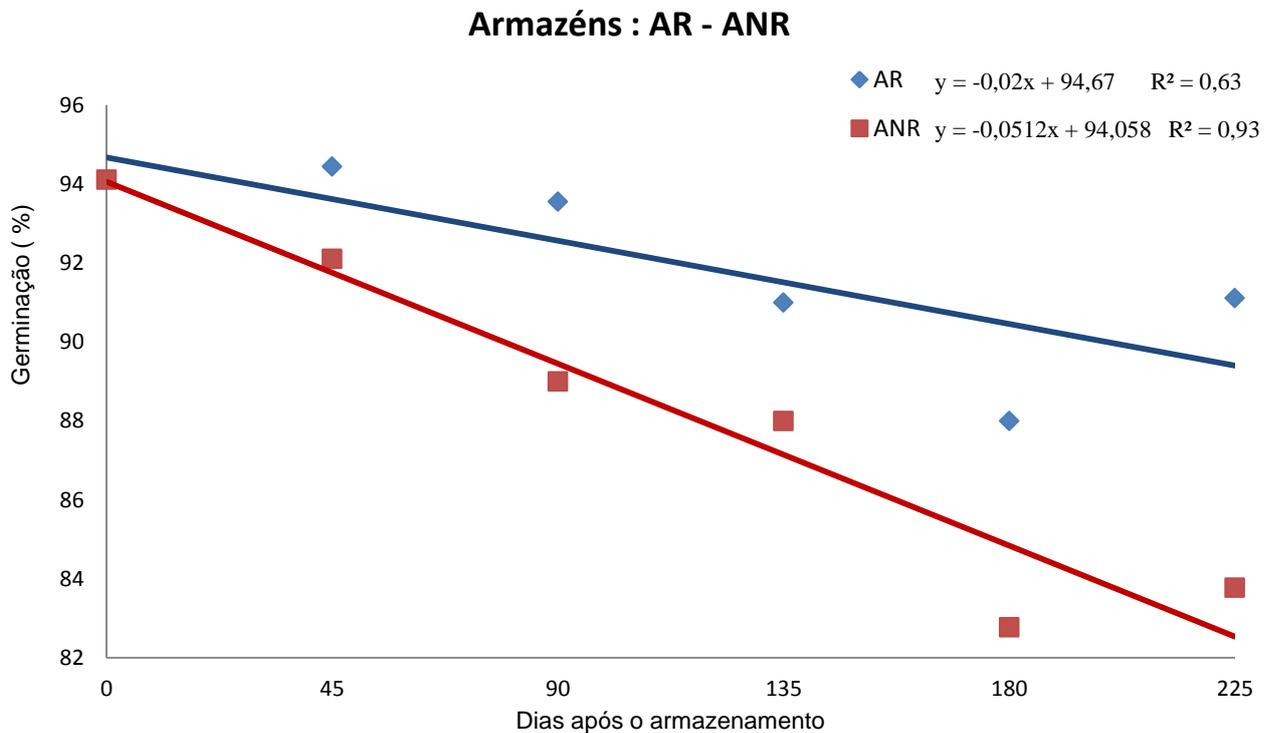


Figura 4 - Porcentagem da germinação para a média dos tratamentos 1-SRE14 (sementes resfriadas no ensaio a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaio a 17°C) e T3-SNRE (sementes não resfriadas no ensaio) durante 225 dias em armazém resfriado (AR) e armazém não resfriado (ANR).

No final do período de armazenamento, a diferença chegou a sete pontos percentuais ao comparar o ANR com o AR. Esses resultados indicaram que houve melhor preservação da qualidade fisiológica das sementes de soja no AR em relação ao ANR e que nesta ocasião, a priori, o resfriamento no momento do ensaio não agregou substanciais benefícios em relação aos lotes não resfriados.

Para verificação ainda da qualidade fisiológica da semente foram considerados os resultados de viabilidade e vigor realizados através do teste de tetrazólio.

Na Figura 5 observa-se que o tratamento T3- SNRE não foi apresentado uma curva significativa, enquanto o tratamento T1-SRE13 apresentou comportamento com

tendência quadrática e o tratamento T2- SRE17 teve resposta linear, havendo no final de 225 dias um decréscimo de viabilidade de 4 pp em relação ao início do armazenamento.

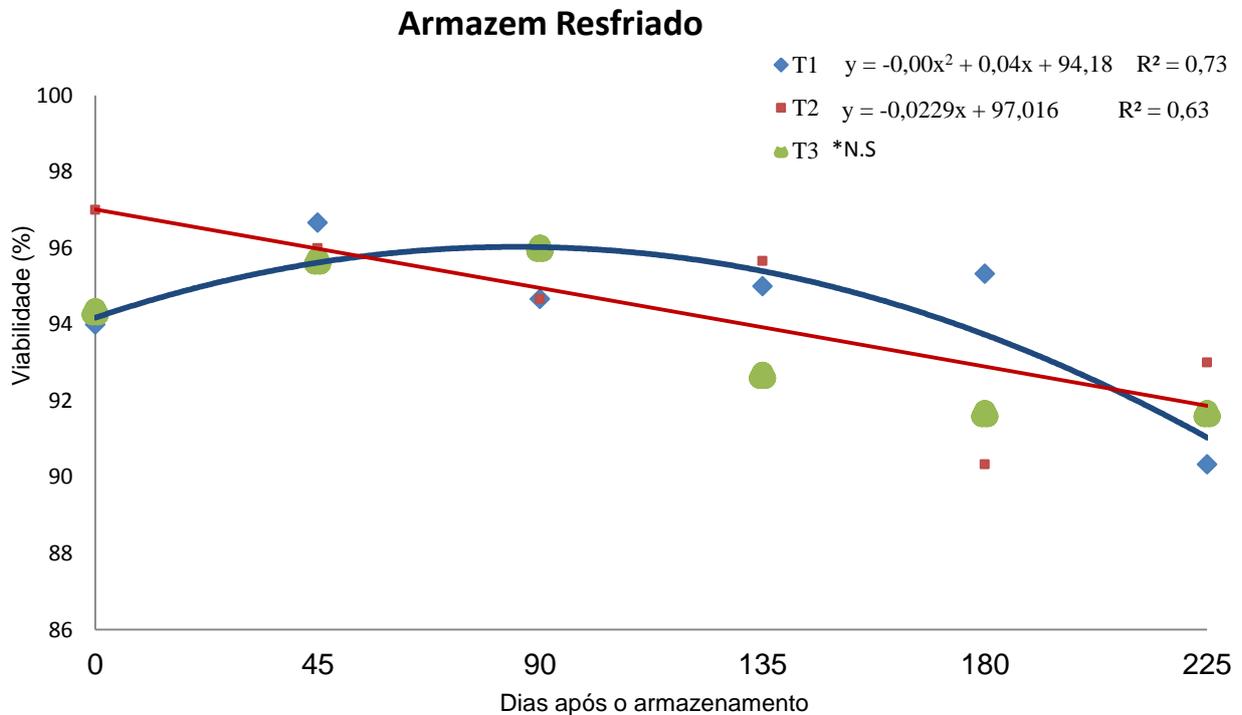


Figura 5 - Viabilidade de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas a 13°C no ensaue), T2-SRE17 (sementes resfriadas a 17° C no ensaue) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaue), ao longo de 225 dias de armazenamento em armazém resfriado.

No ANR (Figura 6), o comportamento da viabilidade foi semelhante ao AR (Figura 5), no entanto, no final do armazenamento a redução de viabilidade foi em média de sete pontos percentuais, indicando mais uma vez que a utilização de resfriamento durante o armazenamento de sementes contribui para a manutenção da qualidade fisiológica da semente de soja.

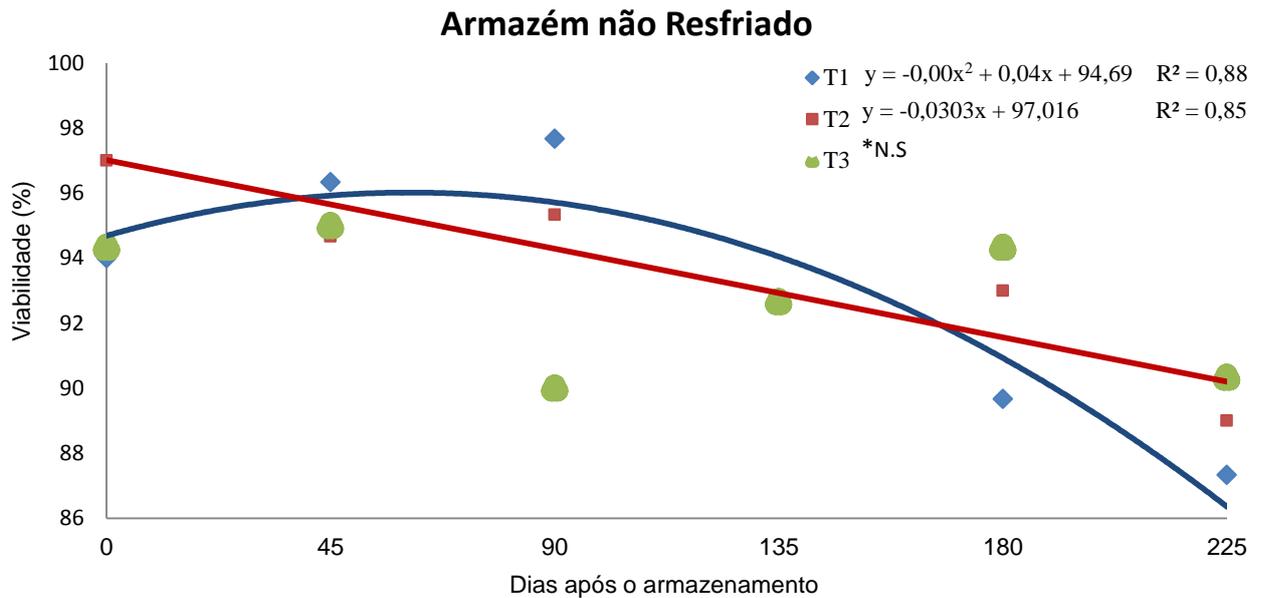


Figura 6 - Viabilidade de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém não resfriado.

Sendo assim, os dados encontrados no presente trabalho não apresentaram variação acentuada entre os tratamentos. Contudo, efeitos negativos em componentes de crescimento decorrentes da redução da qualidade fisiológica, muitas vezes podem ser observados na fase inicial da cultura, embora ocorra tendência de amenizar com a evolução do crescimento da planta (SCHUCH et al., 2008).

Quanto ao vigor das sementes, esse deve ser ressaltado, visto que plântulas vigorosas expressam um potencial produtivo superior comparativamente às plantas não vigorosas. Ao analisar os resultados do teste de tetrazólio, considerando o vigor, pode-se observar (Figura 7) que nos tratamentos T2- SRE17 e T3- SNRE, com manutenção no AR mostraram acentuadas reduções de vigor, expressos por curvas quadráticas, com declínio de 29 e 10 pontos percentuais respectivamente após 225 dias de armazenamento. Todavia, no tratamento T1-SRE13 houve menor decréscimo de qualidade, alcançando no máximo seis pontos percentuais. Nesta situação pode ressaltar o benefício do resfriamento no momento do ensaque, destacando-se que o tratamento T1- SER 13 mostrou desempenho superior ao tratamento T2- SER 17.

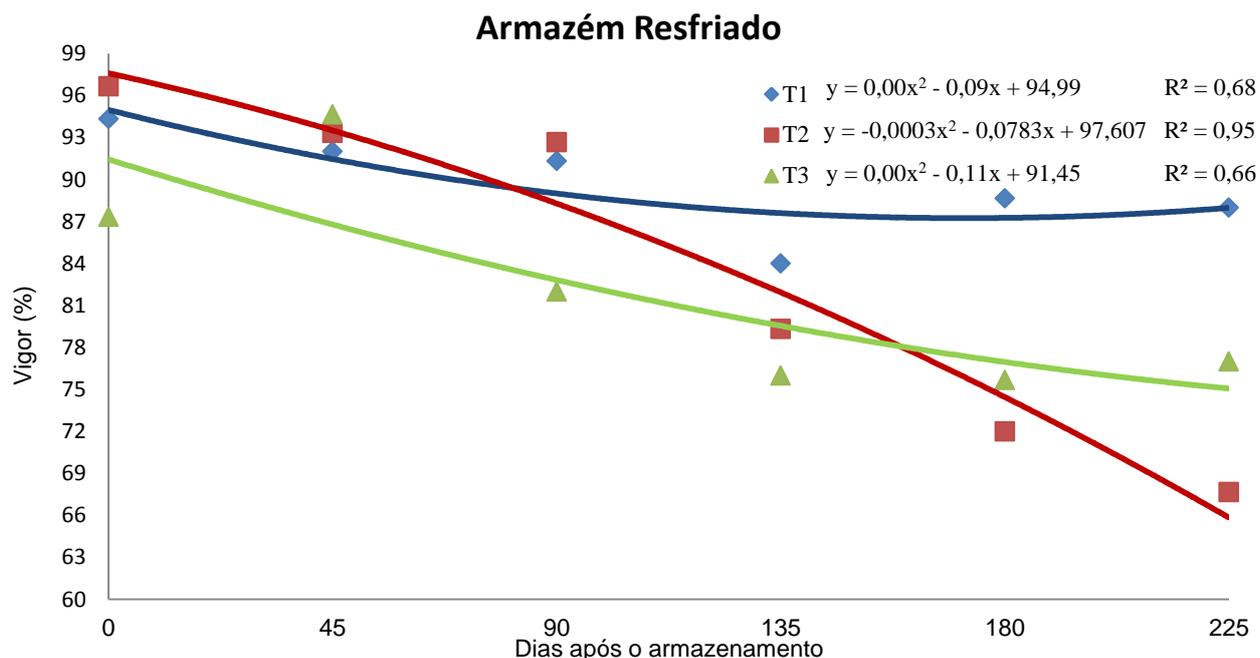


Figura 7 - Vigor de sementes de soja pelo teste de tetrazólio, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaqui a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaqui a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaqui), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado.

A análise do vigor deve vir sempre associada à outra análise do padrão fisiológico das sementes (Marcos Filho, 2005), o que permite realizar comparativo de informações permitindo uma maior confiabilidade na interpretação dos dados apresentados.

De acordo com Silva (2010), as perdas resultantes de plantas de baixo vigor se relacionam diretamente com as de produtividade de grãos nas populações de plantas originadas de lotes heterogêneos. Uma das possíveis causas desta redução da produtividade pode estar associada à maior desuniformidade de emergência. Segundo Hofs et al. (2004), plantas que emergem tardiamente estariam sujeitas ao maior grau de competição intraespecífica, refletindo na redução dos componentes de produção.

Ao analisar os dados de ANR, os tratamentos comportaram-se de maneira semelhante ao AR, seguindo linhas de tendências similares ao longo do armazenamento, conforme a Figura 7, porém com decréscimos maiores de vigor relativamente às sementes armazenadas no AR (Figura 8).

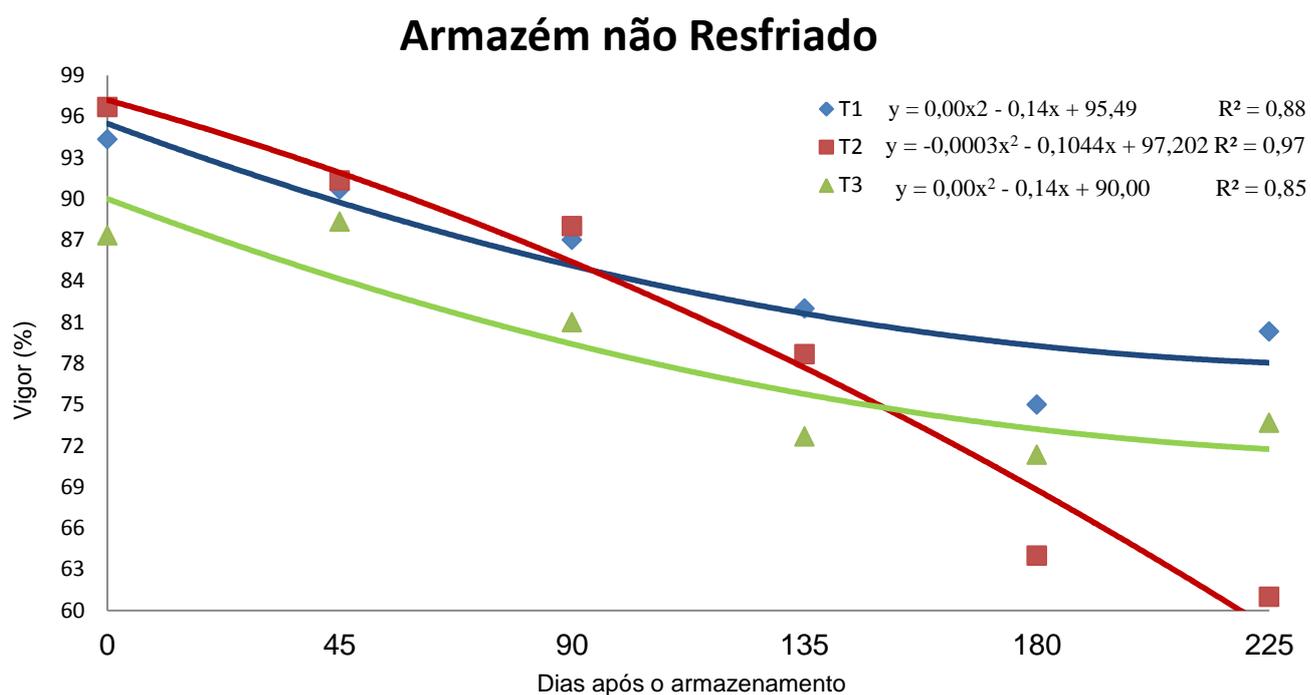


Figura 8 - Vigor de sementes de soja pelo teste de tetrazólio submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaqui a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaqui a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaqui), ao longo de 225 dias de armazenamento em armazém resfriado.

Quanto aos comparativos entre os tratamentos foi notado que todos sofreram declínios de vigor, sendo que no tratamento T2- SRE17 houve um declínio de 35 pontos percentuais. Todavia, nos tratamentos T1-SRE13 e T3- SNRE a redução foi de 14 pp ao longo do período de armazenamento.

No comparativo entre as formas de armazenagem, resfriado ou não, pode se confirmar que o armazém resfriado novamente manteve o vigor com pelo menos cinco pp a mais em todos os tratamentos, o que indica que o AR favorece a preservação da qualidade fisiológica das sementes.

Assim, vale destacar a importância do uso de sementes de maior vigor, visto que plantas de baixo vigor terão menores condições de captação solar em relação às plantas de alto vigor, sendo estas representantes de indivíduos com maior capacidade competitiva durante o ciclo da cultura, podendo ser identificadas como plantas dominantes na população de plantas e contrastando com as plantas, de menor porte,

com menor capacidade para captura de recursos (MADDONNI e OTEGUI, 2004).

Analisando os resultados do teste de envelhecimento acelerado, como mais um parâmetro de medição da qualidade fisiológica da semente (Figura 9), no AR todos os tratamentos apresentaram comportamento com curvas de tendência de maneira semelhante. Houve redução de vigor em até nove pontos percentuais em média ao longo de todo o período de armazenamento.

A análise do vigor pelo teste de envelhecimento acelerado deve vir sempre associada à outra análise do padrão fisiológico das sementes Marcos Filho (2005), o que neste caso fica evidente que todos os tratamentos apresentaram desempenho satisfatório, sendo recomendada a utilização de resfriamento durante todo o período de armazenagem.

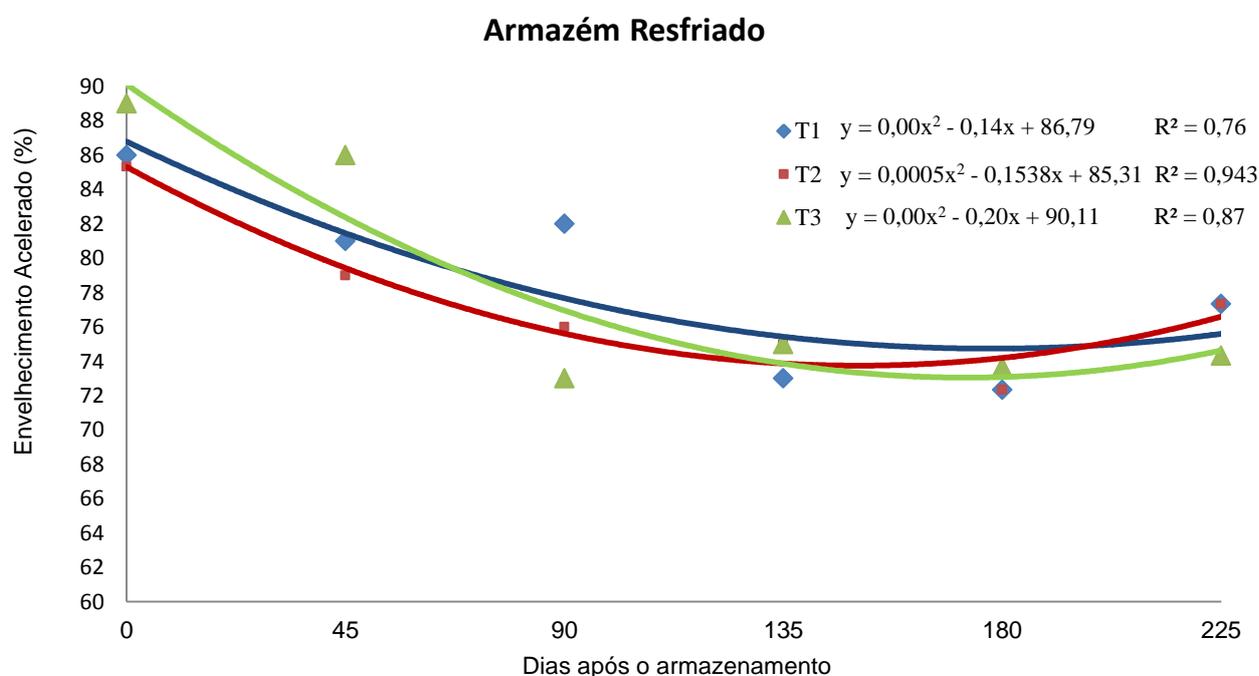


Figura 9 - Envelhecimento acelerado de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado.

No ANR (Figura 10), os tratamentos apresentaram diferenças entre si, sendo que, houve um declínio mais acentuado no tratamento T2- SRE17 de 18 pontos percentuais.

No tratamento T3- SNRE houve uma variação dos resultados caindo 25 pontos percentuais de maneira acentuada até o centésimo octogésimo dia e no último teste realizado no final do período apresentou uma queda de 17 pontos percentuais. Contudo no tratamento T1 – SRE13 apresentou um comportamento da linha de tendência semelhante nos dois armazéns, diminuindo 10 pp de vigor durante o armazenamento.

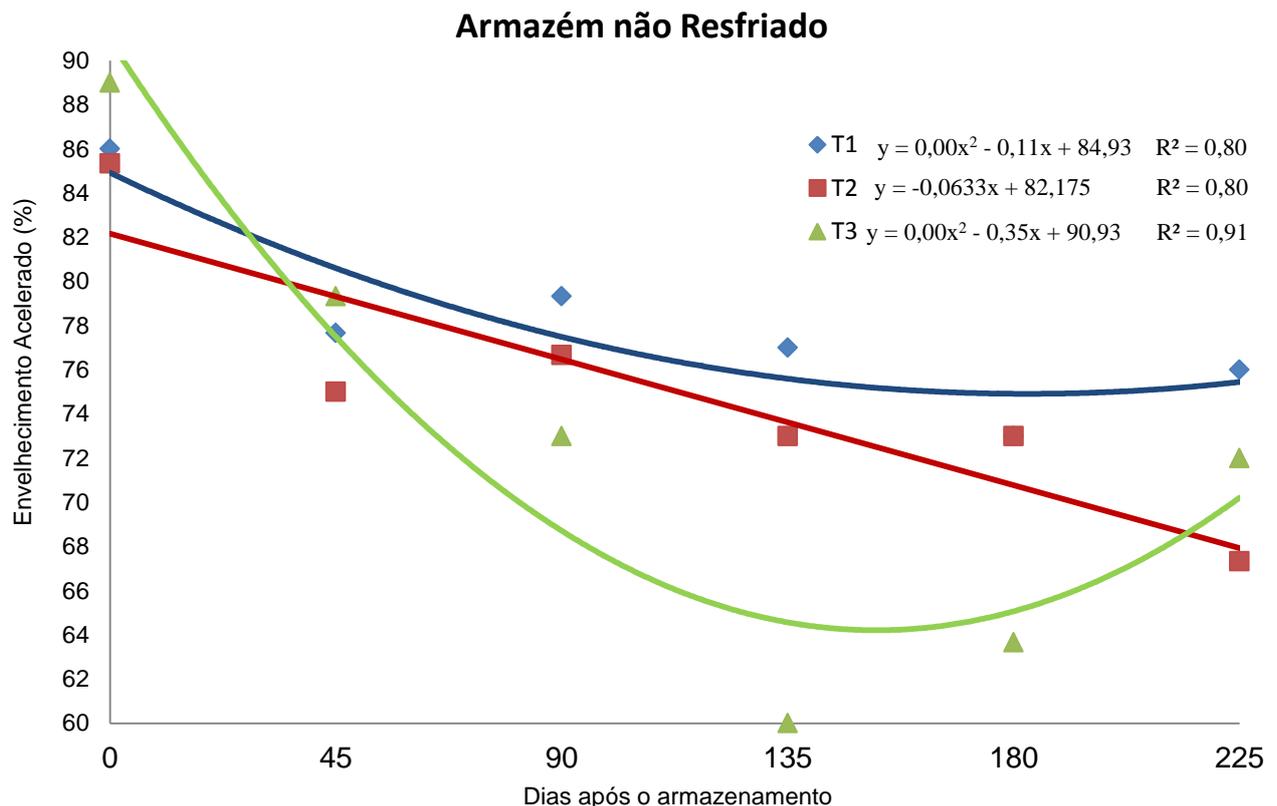


Figura 10 - Envelhecimento acelerado de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico nos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2-SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento em ambiente não resfriado.

Ao comparar os tratamentos nas formas de armazenagem, o AR se destaca positivamente mais uma vez, trazendo uma superioridade de 10 pp nos tratamentos T2-SRE17 relativamente ao ANR. Entretanto, para o tratamento T1- SRE13 e T3- SNRE, a resposta foi similar entre os armazéns com e sem resfriamento, ocorrendo menor declínio de vigor no decorrer do armazenamento comparativamente aos tratamentos.

Para confirmação dos resultados obtidos em laboratório os tratamentos foram submetidos ao teste de emergência em canteiros, onde conforme a Figura 11, o tratamento T1-SRE13 não apresentou curva significativa, enquanto que os tratamentos T2- SRE17 e T3- SNRE apresentaram reduções no vigor, com decréscimo de nove e cinco pp vigor respectivamente ao longo do período de armazenamento.

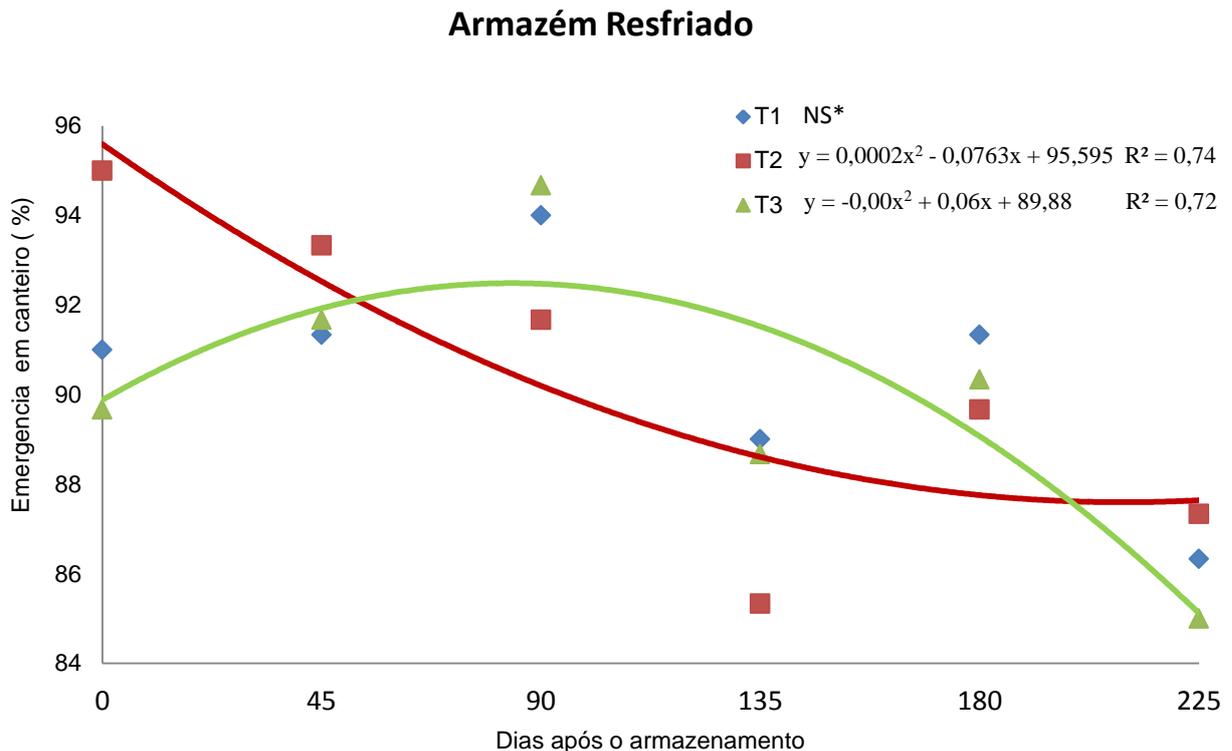


Figura 11 - Emergência de plântulas em canteiro formadas de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém resfriado.

No ANR, conforme a Figura 12, os tratamentos T2- SRE17 e T3- SNRE tiveram comportamentos similares, representados por equações de lineares, com uma redução de vigor, ao longo de 225 dias de armazenamento, de aproximadamente 12 pontos percentuais e o tratamento T1-SRE13 não apresentou curva significativa. Todavia, as sementes resfriadas até 13°C mantiveram a qualidade até cerca de 90 dias, sofrendo declínio posteriormente.

Ao comparar os dois armazéns observa-se que nos tratamentos que ficaram no ANR ocorreu uma diferença de 10 pontos percentuais nos tratamentos T1-SRE13 e o T2- SRE17, enquanto no tratamento T3 a diferença foi sete pontos. Entre os dois armazéns, a variação foi expressiva, ou seja, o AR contribuiu para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, avaliada pelo teste de emergência em canteiro (Figura 12).

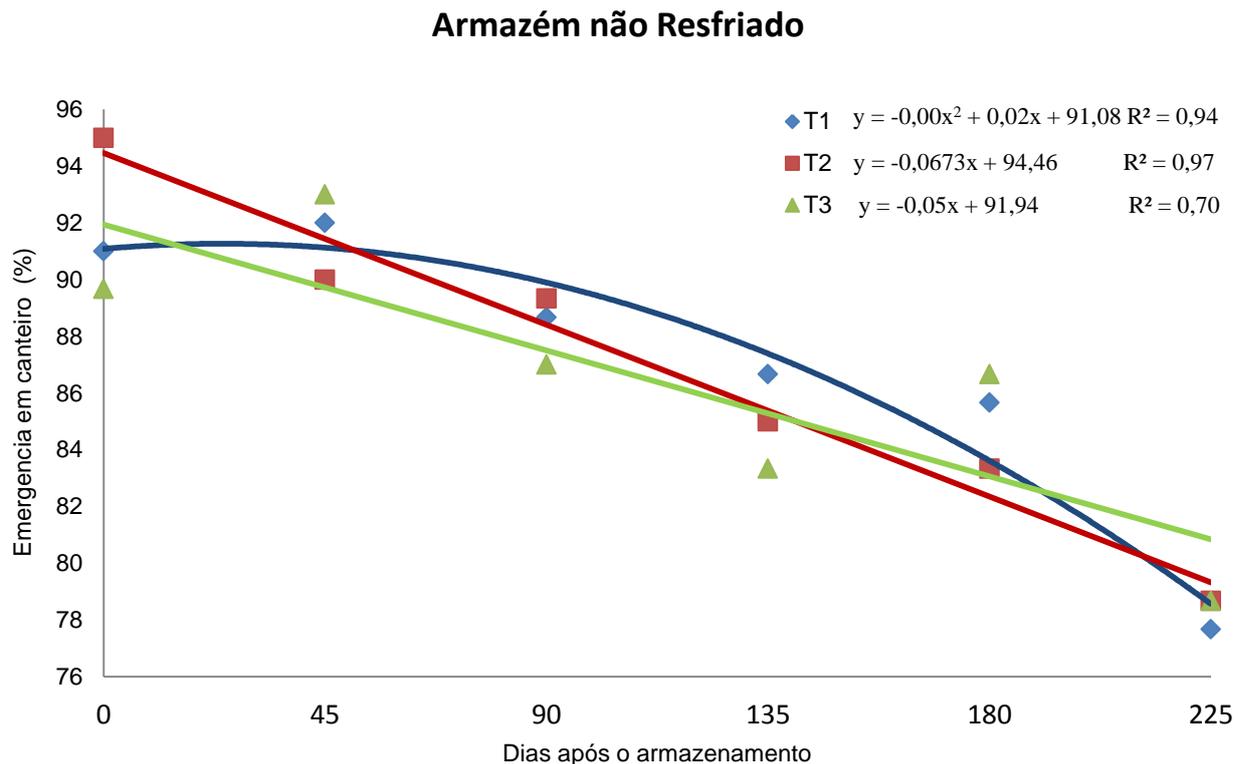


Figura 12 - Emergência de plântulas em canteiro formadas de sementes de soja, submetidas ao resfriamento dinâmico aos tratamentos T1-SRE13 (sementes resfriadas no ensaque a 13°C); T2- SRE17 (sementes resfriadas no ensaque a 17° C) e T3- SNRE (sementes não resfriadas no ensaque), ao longo de 225 dias de armazenamento no armazém não resfriado.

Em pesquisa sobre resfriamento de sementes apenas no momento do ensaque e armazenamento em condições ambientais naturais, Canton (2010) concluiu que o resfriamento de sementes de soja para 15°C preserva a qualidade fisiológica das sementes por oito meses, mesmo em condições ambientais. No entanto, a germinação

e a vigor das sementes de soja começaram a reduzir acentuadamente a partir de quatro meses de armazenamento em condições ambientais de elevação de temperatura acima de 20°C.

Numa análise geral dos resultados obtidos pode-se afirmar que o resfriamento no momento de ensaque e manutenção resfriado durante todo o período de armazenagem, confere com o sucesso a preservação da qualidade de sementes de soja.

## 5 - CONCLUSÕES

O resfriamento artificial a 13°C no ensaque seguido de manutenção em armazém resfriado sob temperatura de 20°C assegura a preservação da qualidade fisiológica de sementes de soja, por 225 dias.

O armazém resfriado contribuiu para manutenção fisiológica da semente de soja independentemente da semente ser ou não submetida ao resfriamento dinâmico.

No armazém não resfriado, o lote submetido ao resfriamento no ensaque a 13° C, mostrou um vigor superior durante todo período de armazenamento.

A temperatura da massa de sementes de soja submetida ao resfriamento dinâmico entra em equilíbrio térmico após 20 a 30 dias, tanto em armazém com e sem resfriamento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – **Associação Brasileira de Sementes e Mudanças**. Anuário Abrasem 2014. Brasília/DF: ABRASEM.<<http://www.abrasem.com.br/anuarios>>acesso em 05 de maio de 2015.

BAUDET, L.M.L., VILLELA, F.A Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed Universitária – UFPel, 2012. p.481-528.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

BUNCH, H. D. Problems in seed processing. **Seed World**, Chicago. v.90, n.9, p. 8-11. 1962

CANTON, A. R.; **Resfriamento dinâmico e qualidade de sementes de soja**. 2010. Pelotas (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010

CARDOSO, P. C.; BAUDET, L.; PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O, A. Armazenamento em sistema a frio de sementes de soja tratadas com fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas. v.26, n.1, 2004.

CARVALHO, N. M. de, NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed., Jaboticabal: Funep, 2000.

CERQUEIRA, W. P.; COSTA, A. V. Influência da umidade inicial de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja ( *Glycine max* L. Merrill ). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.6, n.2. p.35-40, 1981.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2014 <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf) >acesso em 05 de maio de 2015.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, abril/2015 <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_04\\_10\\_09\\_22\\_05\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf) > acesso em 27 de abril de 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; PÁDUA, G.P.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: Série Sementes. Londrina: **Embrapa Soja**. 2007. 12p. (Circular Técnica 40).

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 1984. 39p. (Circular Técnica, 9).

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. de P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.7, n.3, p. 71-74, 2013

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. (Produção agrícola municipal, 2012). Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Comentarios/lspa\\_201403comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201403comentarios.pdf) acesso em 27 de abril de 2015.

KAZARIAN, E. A.; HALL, C. W. Thermal properties of grains. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 8, n. 1, p. 33-38, 1965.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2 ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

MAIER, D.E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 489-560.

MACHADO A. A.; CONCEIÇÃO, A R. Winstat: Sistema de análise estatística para windows. Universidade Federal de Pelotas, 2006. Disponível em: [.http://minerva.ufpel.edu.br/~amachado/](http://minerva.ufpel.edu.br/~amachado/) > acesso em 20 de abril de 2015.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.85, n.1, p. 1-13, 2004.

MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R.V. de; CÍCERO, S.M.; DEMÉTRIO, C.G.B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.42, p.195-249, 1985.

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

MARCOS FILHO, J.; **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq. 495 p. 2005.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 31 p.

OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; VON PINHO, E.V.R. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras v.23, n.2, p. 289-302, 1999.

PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 2 ed. rev. e amp. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006. 474p.

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

SILVA, C. S., **Vigor de sementes de soja e desempenho da cultura**,(2010 Pelotas - tese de doutorado),Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Semente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

SCHUCH, L.O.B.; LIN, S.S. Atraso na colheita sobre emergência no campo e desempenho de plantas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 11, p. 1585-1589, 1982.

Zuchi, J.; França Neto, J. B.; Sedyama, C. S.; Lacerda Filho, A. F.; Reis, M. **S.Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds**. Journal of Seed Science. Journal of Seed Science, v.35, p.353-360, 2013.