



**Delegación BUENOS AIRES SUR**

**Armazenagem de Grãos em Bolsas Plásticas:  
Sistema Silobag**

# **Informe Final de Trigo**

Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E., Malinarich H.D., Exilart, J.P. y Nolasco, M.E.

**EEA INTA Balcarce**



## Introdução

Na safra 2000/2001 a produção de trigo, milho, soja e girassol na Argentina foram de 48 milhões de toneladas, no entanto a capacidade estimada de silos é de 43 milhões de toneladas. A diferença entre estes dois números produz um déficit de armazenagem de 5 milhões de toneladas, e se levamos em consideração a produção de outros cultivos menores este déficit pode ser muito mais importante. Estima-se que a capacidade de armazenagem no campo é de 13 milhões de toneladas, somente 30% da capacidade total.

Esta situação gera um quadro de ineficiências do sistema de pós-colheita, que em definitiva traduz-se em um custo extra para os produtores que vêem diminuída a rentabilidade das suas empresas. A instalação de estruturas de armazenagem permanentes (silos, armazéns, etc.) não está ao alcance da maioria dos produtores, devido ao alto investimento inicial requerido e a falta de créditos acessíveis.

Há alguns anos, na ânsia de solucionar seus problemas de déficit de armazenagem, os produtores adaptaram o sistema tradicionalmente utilizado no armazenamento de grão úmido para armazenar grãos secos.

Esta técnica consiste no armazenamento de grãos em bolsas plásticas herméticas, onde o processo respiratório dos integrantes bióticos do granel (grãos, fungos, insetos, etc.) consome o oxigênio (O<sub>2</sub>) gerando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A constituição desta nova atmosfera, rica em CO<sub>2</sub> e pobre em O<sub>2</sub> suprime, inativa ou reduz a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e fungos, assim também a própria atividade do grão, facilitando sua conservação.

A maior vantagem que os produtores encontram no uso das bolsas plásticas para armazenar grãos secos é que se trata de um sistema econômico e de baixo investimento. O custo de comercialização do grão durante a época de colheita é maior que no resto do ano. Alguns estudos estabelecem que a diferença entre enviar o grão ao silo ou embolsar-lo por um período de três a quatro meses gera uma economia aos produtores de 20 a 25% em trigo, 30 a 35% em milho e 20 a 25% em soja dependendo da distância até o porto, sistema de comercialização, etc. Além destas vantagens econômicas, as bolsas plásticas permitem armazenar grãos de maneira diferenciada, separando grãos por qualidade (trigos segundo qualidade panificadora), variedade (diferentes tipos de sementes), etc., sem muito trabalho e com uma alta segurança de manter o material diferenciado. Por outro lado, as bolsas plásticas permitem a armazenagem dos grãos no mesmo lote de produção, tornando mais ágil a colheita. Durante a colheita o sistema de transporte e a recepção de grãos no silos constituem verdadeiros congestionamentos. A demanda de caminhões durante a colheita nunca chega a ser satisfeita, ocasionando um aumento nos preços do frete e problemas de logística nas empresas agropecuárias. Muitas vezes o atraso ocasionado na recepção dos silos é trasladado para trás, podendo chegar até colheita. As condições climáticas no outono, época de colheita de milho e soja, costumam ser críticas, e perder um só dia de trabalho pode causar muitas perdas e numerosos problemas logísticos. Com uso das bolsas plásticas os únicos beneficiados são os produtores. Os silos encontram nas bolsas um sistema flexível de armazenagem que lhe permite aumentar sua capacidade segundo a necessidade que tenham em um ano em particular. Se a colheita é importante, podem armazenar parte do grão recebido, sem necessidade de realizar grandes investimentos. Já se ao invés disso a colheita é inferior à planejada, os silos não terão a sua capacidade ociosa, aproveitando ao máximo a rentabilidade das suas instalações.

A projeção da expansão da armazenagem em bolsas para os próximos anos pode ser ainda mais importante do que o que já foi experimentado até o momento. Para a colheita 2001/2002 estima-se que serão armazenados em bolsas plásticas entre 2,3 e 2,6 milhões de toneladas e acredita-se que esta tendência deve acentuar-se nos próximos anos. Por todos os motivos expostos surge a necessidade de gerar informação confiável que ajude aos produtores a implementar esta técnica de forma correta, com a finalidade de minimizar as perdas de qualidade e maximizar as prestações deste sistema. O presente trabalho tem como objetivo principal determinar qual é o efeito das variáveis: umidade de grãos e tempo de armazenamento sobre os parâmetros de qualidade do grão.

## Antecedentes

### Armazenagem hermética

Para que um sistema de armazenagem tenha êxito é necessário que se criem dentro da bolsa com os grãos condições desfavoráveis ao desenvolvimento de insetos e fungos e que, além disso, diminua a própria atividade dos grãos. O princípio básico da armazenagem hermética é a eliminação do oxigênio existente no depósito até um nível que suprima o inabilite a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos pragas e fungos. Os processos respiratórios dos integrantes bióticos do granel (grãos, insetos, fungos, etc.) consomem o oxigênio existente no ambiente, produzindo dióxido de carbono. Como a armazenagem hermética impede a passagem do ar e gases entre o interior e o exterior do recipiente, uma vez que a atmosfera é modificada, não se volta a criar condições favoráveis para o desenvolvimento de pragas, assegurando-se sua conservação no tempo. A energia que os seres vivos necessitam para crescer e desenvolver-se é obtida através do processo respiratório e conformam uma série complexa de reações químicas iniciadas por enzimas presentes nos próprios organismos. Na presença de O<sub>2</sub> é produzida a respiração aeróbica, com a combustão completa dos hidratos de carbono, passando de produtos complexos como amido, a CO<sub>2</sub>, água e energia. Parte dessa energia será transformada em calor, devido a reações exotérmicas, e outra será utilizada para a síntese de outros compostos (Bogliaccini, 2001).



Na ausência de O<sub>2</sub> alguns organismos, como leveduras e bactérias, podem viver e desenvolver-se decompondo hidratos de carbono em forma incompleta produzindo ácido láctico, acético e álcoois.

Esta reação se chama fermentação e libera muito menos calor do que na presença de ar e produz-se em ambientes herméticos com um alto grau de umidade.



A armazenagem hermética de alimentos é uma técnica muito antiga e há adquirido diferentes formas através do tempo. Em nosso país hoje volta a ressurgir na forma das bolsas plásticas. Si bem esta técnica, até o momento, não há adquirido um desenvolvimento muito importante, há sido utilizado para a preservação de alimentos em situações particulares ou de alimentos com valor agregado. Na Argentina instalaram-se com um silos subterrâneos herméticos com 2 milhões de toneladas de capacidade durante a segunda guerra mundial ante a impossibilidade de exportar e a necessidade de conservar os grãos por largos períodos de tempo. Alguns destes armazéns ainda estão em uso e logo de 50 anos pode dizer-se que seu resultado é muito bom (Bogliaccini, 2001). Em Arkansas, USA, armazena-se arroz a 12-13% de umidade em celas planas de 18000 m<sup>3</sup> de capacidade, onde a massa dos grãos é coberta filme plástico que é praticamente impermeável a difusão do ar. Siebenmorgen et al (1986), encontram que em tais

condições a respiração dos grãos, insetos e microorganismos produziram uma atmosfera rica em CO<sub>2</sub> e pobre em O<sub>2</sub>, inibindo a atividade de insetos e microorganismos.

## Armazenagem em bolsas plásticas

As bolsas plásticas são um tipo especial de armazenagem hermética. A maioria dos trabalhos realizados até o momento têm sido experimentos de laboratório ou em bolsas à escala, onde se tratou de determinar o efeito da umidade de armazenagem sobre a qualidade dos grãos de trigo, milho, e girassol.

Estes trabalhos, ainda que úteis, são somente aproximações pré-liminares, já que o comportamento da temperatura e a conformação do ambiente no interior das bolsas são diferentes em experimentos à escala que nas bolsas de tamanho comercial.

Não há sido realizado no país até o momento trabalhos com rigor científico em bolsas de tamanho comercial. Como este sistema se trata de uma adaptação local de uma técnica para armazenar grãos úmidos, também não se pôde encontrar trabalhos no exterior. Casini (1996) realizou ensaios em laboratório armazenando grãos de trigo em bolsas plásticas herméticas com umidade de 12, 14 e 16% a 22-23°C durante 60, 116 e 208 dias. A umidade inicial do trigo foi de 12%, o qual foi umedecido uma vez mais até alcançar um 14 e 16 %.

O poder germinativo (PG) inicial foi de 94%, o qual se manteve nas bolsas com trigo armazenado a 12% de umidade durante 208 dias, no entanto que a 14% de umidade o PG final reduziu-se a 62% e a 3% a 16% de umidade.

A qualidade panificadora também foi afetada pela relação umidade /tempo de armazenamento. A 12% de umidade a qualidade panificadora se manteve durante todo o período de armazenamento, no entanto que a 14% observou-se um deterioro, e a 16% esse deterioro foi maior ainda.

Em outro trabalho, Casini (1996) realizou um ensaio embolsando 20 toneladas de trigo a 13% de umidade, onde encontrou que o PG (96% inicial) e a qualidade panificadora não foram afetados durante o período de armazenamento, mas não se informa o tempo de armazenamento. Por sua vez recomenda que a 13% de umidade não se superem os 60 dias armazenamento, e caso deseje-se armazenar por mais de 60 dias deve-se secar o grão pelo menos a 11%. Bartosik e Rodrigues (1999) realizaram ensaios embolsando milho em bolsas de 50 kg a 13,6, 15 e 17% de umidade durante um período de quatro meses. A qualidade comercial do milho (grão danificado e peso hectolítrico) não foi afetada logo dos quatro meses de ensaio nas bolsas com 13,6% de umidade, enquanto que a 15% a qualidade começa a deteriorar-se a partir dos 2 meses, e a 17% o deterioro começa antes dos 2 meses. Os mesmos autores fizeram estudos em uma bolsa de 3500 kg de milho a 14% de umidade. Encontraram que a oscilação diária da temperatura alcança os primeiros 15-20 cm superficial, enquanto que o resto do grão não sofre alterações diárias de temperatura. Casini (1996), trabalhando com girassol, armazenou semente em bolsas plásticas grandes em condições de campo (no laboratório) e três tipos de umidades, 8-10%, 10-12% e 12-14% a partir do mês de março.

Informou que não foi observado aumento da temperatura da semente durante o ensaio.

As determinações de qualidade estabeleceram que com umidades de até 12% não se observou aumento considerável da acidez nos primeiros quatro meses. Além disso, a semente conservou-se bem durante quatro meses a 12-14%, e até sete meses com menos de 12%. Ao finalizar o ensaio a acidez da semente nas bolsas era de 1 a 2.2% e nas celas (testemunho) era de 1.6%.

## Efeito da hermeticidade sobre a atividade dos insetos

A atividade respiratória dos insetos e grãos confinados provoca a queda nos níveis de O<sub>2</sub> e o aumento de CO<sub>2</sub> no granel confinado em um ambiente hermético. Quanto maior é a atividade do granel mais rápido será o consumo de O<sub>2</sub> e a geração de CO<sub>2</sub>. Oxley e Wickenden (1963), citado por Bogliaccini (2001), estudaram o consumo de O<sub>2</sub> e a geração de CO<sub>2</sub> em trigo confinado, infectado com 13 e 133 gorgulhos (*Sitophilus granarius*) por kg. Eles encontraram que o trigo infectado com 13 gorgulhos por kg a produção de CO<sub>2</sub> foi aumentando até os 20 dias, onde estabilizou-se em 14%, enquanto que o nível de O<sub>2</sub> diminuiu aproximadamente desde 21% a 2%. No caso do trigo infectado com 133 gorgulhos por kg o consumo de O<sub>2</sub> foi mais rápido, diminuindo a 3% em somente 5 dias e a quase 0% em 10 dias.

A bibliografia referida ao controle de insetos com atmosferas modificadas é extensa e há merecido importantes revisões (Annis, 1986). Estes trabalhos têm como base a modificação da atmosfera através da adição de gases (N<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>) para eliminar o oxigênio e criar um ambiente desfavorável ao desenvolvimento de insetos e fungos. A literatura existente estabelece que concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, tempo de exposição, espécie de inseto, estado de desenvolvimento (ovo-larva-pupa-adulto), temperatura e umidade relativa são os principais fatores que influenciam na mortalidade dos insetos nos tratamentos de controle. Os estudos de controle de insetos com atmosferas controladas ou modificadas podem separar-se em: atmosferas com baixa concentração de O<sub>2</sub> e atmosfera enriquecidas com CO<sub>2</sub>.

Atmosferas com baixa concentração de oxigênio: as maiorias dos trabalhos referem-se a atmosferas com concentrações de O<sub>2</sub> menores a 1%. Estas atmosferas são obtidas agregando N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ou qualquer outro gás.

A maioria das espécies estudadas mostrou uma mortalidade de 95% ou más durante 10 dias de exposição, tanto em atmosferas com 0,1% ou 1% de O<sub>2</sub> (Annis, 1986).

Atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub>: quando a concentração de O<sub>2</sub> é menor a 5% observa-se um aumento na mortalidade. Os dados de eficácia de controle de insetos com atmosfera com menos de 20% de CO<sub>2</sub> são confusos. Não se sabe qual seria o tempo de exposição requerido para conseguir um controle total, mas seria superior aos 25 dias (Annis, 1986).

Nos tratamentos de fumigação com CO<sub>2</sub>, o produto da concentração de CO<sub>2</sub> e tempo de exposição (daqui em diante chamada ct-produto) são utilizados para representar a dose (Alagusundaram et al, 1995). A uma determinada temperatura e conteúdo de umidade, a mortalidade dos insetos é influenciada pela concentração do gás e o tempo de exposição.

Para realizar um controle total da maioria das pragas de grãos armazenados em atmosferas enriquecidas com CO<sub>2</sub>, Bank e Annis (1980) recomendam uma relação ct-produto de 12600%h, enquanto que Annis (1996) recomenda elevar a dose a 16000%h. Em teoria esta dose poderia cumprir com qualquer relação concentração/tempo, mas a maioria dos trabalhos realizados partem de uma dose mínima de 40% de CO<sub>2</sub>. Bartosik et al (2001), encontram que uma mesma relação ct-produto, aquela conseguida com a menor dose e maior tempo de exposição foi a mais efetiva. Esta seria uma situação favorável para as bolsas, já que a concentração de CO<sub>2</sub> conseguida não seria muito elevada, mas o tempo de exposição pode ser o suficientemente prolongado como para realizar um bom controle. A literatura existente a respeito, demonstra que o controle de insetos com CO<sub>2</sub> a baixas doses é igualmente efetivo. White e Jayas (1993) conseguiram um controle completo de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) com 29% de CO<sub>2</sub> durante duas semanas de exposição (ct-produto 9744%h) com temperaturas declinando de 25 a 20°C. A uma concentração ainda mais baixa (20%) e a uma temperatura ligeiramente mais alta (25 ± 3°C) *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) pode ser controlado em 4-6 semanas (ct-produto desde 13440 até 20160%h) (White et al, 1990)

A umidade relativa do granel também tem efeito sobre a atividade dos insetos. Estando sob umidades relativas muito baixas produz-se uma perda de água através da cutícula, o que causa o dessecamento e o aumento da mortalidade dos insetos. Ainda que existam espécies que conseguem suportar umidades relativas de aproximadamente 10%, a grande

maioria morre. Por exemplo, o gorgulho do arroz (*Sitophilus orizae*) tem uma umidade relativa crítica de 60%, por debaixo deste número aumenta sua mortalidade. No caso do trigo, uma umidade relativa de 60% corresponde a um conteúdo de umidade do grão de 12.9% a 25°C (Bogliaccini, 2001).

A temperatura afeta não só a atividade dos insetos, sinão também a de todo o granel. Os insetos pragas dos grãos são um grande problema em climas tropicais ou sub-tropicais, não obstante a isso pode causar sérios problemas em climas moderados.

O ponto ótimo do desenvolvimento dos insetos dos grãos encontra-se entre 25-30°C (Brooker et al, 1992). A respiração do grão também está influenciada pela temperatura do granel (tabela 1)

| Temperatura (°C) | Anhídrido carbônico respirado (mg/100 gr de grão/24 horas) |
|------------------|--|
| 4                | 0,24   |
| 25               | 0,45   |
| 35               | 1,30   |
| 45               | 6,61   |
| 55               | 31,73  |
| 65               | 15,71  |
| 75               | 10,28  |

Tabela 1 . Respiração de trigo duro de primavera com 15% de umidade a diferentes temperaturas (Bogliaccini, 2001).

Quanto mais baixa é a temperatura do granel, menor é a atividade biológica no mesmo. As baixas temperaturas diminuem a atividade dos insetos (diminui o risco de infecção e o consumo de matéria seca) e a dos próprios grãos, melhorando as condições de armazenamento dos mesmos.

O armazenamento nas bolsas além de criar no seu interior um ambiente pouco favorável ao desenvolvimento de insetos, também reduz notavelmente a possibilidade de contaminação do granel. As vias de infestação nos granéis podem ser: 1) no campo, 2) em instalações contaminadas antes do ingresso do grão e 3) infestação posterior de grãos já armazenados. Com a armazenagem nas bolsas plásticas a única via possível de infestação é a que acontece no campo. Si o grão vem com insetos desde o campo, estes vão ingressar à bolsa junto com os grãos. Já, a segunda via não é possível devido que as bolsas são descartáveis, portanto não há possibilidade de que estejam contaminadas antes do seu uso. Este aspecto é muito importante porque esta segunda alternativa geralmente é a fonte mais importante de contaminação do granel. A terceira via também é eliminada, já que a bolsa fechada hermeticamente constitui uma barreira que impede a entrada de qualquer tipo de insetos.

## Efeito da hermeticidade sobre a atividade dos fungos

Os fungos necessitam umidades relativas acima de 67% (promédio) para desenvolver-se. Essa umidade relativa corresponde a um conteúdo de umidade de 13.6% no milho, 13,7% no trigo e 12% na soja a 25°C (ASAE, 1998). Dentro dos grãos que causam os fungos possivelmente o mais importante é a produção de micotoxinas. Não todas as colônias de fungos produzem toxinas, devido a que sua produção está influenciada pelo substrato, o pH, concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e estresse hídrico. Sem embargo, à medida que as condições de temperatura e umidade sejam as adequadas, as espécies de fungos que acompanham aos grãos armazenados vão se desenvolvendo aumentando as possibilidades de produção de toxinas (Bogliaccini, 2001). Moreno et al (1987), armazenaram sementes de milho, inoculadas e não inoculadas com fungos, a 15,7 e 17% de umidade em três situações diferentes; condições ambientais, armazenagem hermética e em atmosfera controlada (AC 92-88% CO<sub>2</sub>). Na armazenagem hermética e em AC não se

observou desenvolvimento de fungos em sementes no inoculadas, enquanto que na armazenagem feita sob condições ambientais observou-se um forte desenvolvimento de fungos. A armazenagem de sementes não inoculadas em recipiente herméticos não afetou o PG, enquanto que se observou uma diminuição de dito parâmetro a 14% e 31% nos 6 tratamentos de AC e em condições ambientais respectivamente. A diminuição do PG no tratamento de AC pode dever-se a certos efeitos fitotóxicos que se produzem quando a concentração de CO<sub>2</sub> supera a 60%. O armazenamento de sementes inoculadas mostrou um forte desenvolvimento de fungos e uma queda do PG a 0% no caso dos tratamentos AC e condições ambientais, enquanto que a armazenagem hermética este efeito foi menos severo. Baran et al (1993), encontraram que atmosferas enriquecidas com CO<sub>2</sub> estabilizaram o crescimento de fungos e retardam a sínteses de microtoxinas em milho contaminado com *Aspergillus*.

## **Materiais e Métodos**

Na estância San Lorenzo, de Zubiaurre S.A., no município de Tandil, estado de Buenos Aires, foi realizado um ensaio armazenando grãos de soja (Nidera 4100) em bolsas plásticas (sistema silobag), com dois conteúdos de umidade diferentes 12.5% de umidade (mínimo 12.27% e máximo 12.63%) e 15.6% de umidade (mínimo 15.5% e máximo 15.77%) durante um período de 160 dias (a totalidade do ensaio envolve também grãos de milho, girassol e trigo) com a intenção de estudar a evolução de diferentes parâmetros de qualidade no tempo. O embolsado realizou-se com uma máquina Silograin-Martinez y Staneck S.A. Foram utilizadas bolsas comerciais de marca Ipesasilo de 220 pés de comprimento, 9 pés de diâmetro e 250 micras de espessura. As bolsas estão confeccionadas com material tri capa, com o interior de cor preta e a capa exterior de cor branca. Os ensaios começaram no momento da colheita do grão e estenderam-se durante um total de 160 dias. Os grãos foram colocados em ambas as bolsa no dia 05 de junho 2001 e a coleta de dados prolongou-se até o dia 12 de novembro de 2001.

## **Amostras:**

A coleta de amostras foi realizada no começo do ensaio, aos 50 dias, aos 93 dias e ao finalizar o ensaio (160 dias). As amostras são tomadas perfurando a bolsa com um calador sonda, discriminadas segundo sua profundidade (3 profundidades, superior, media y inferior), em três lugares diferentes (3 repetições) totalizando 9 sub-amostras por cada amostra e 36 durante todo o ensaio por cada uma das bolsas. Logo de retirada a amostra, sela-se o orifício com cintas adesivas para manter a hermeticidade do sistema.

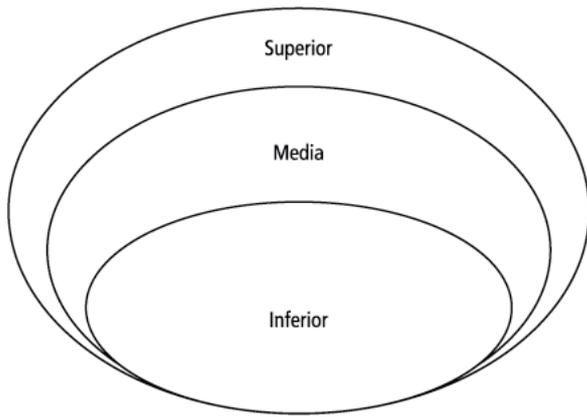


Figura 1. Zonas de amostras segundo a posição do grão na bolsa.



Figura 2. Retirada de amostra perfurando a bolsa com calador sonda.



Figura 3. Amostra extraída e estendida sobre um catre.



Figura 4. Amostra separada segundo sua localização na bolsa (superior, média ou inferior)



Figura 5. Fechamento dos orifícios produzidos pela retirada de amostras.

## **Parâmetros de qualidade avaliados:**

De cada uma das sub-amostras medem-se parâmetros de qualidade tais como energia e poder germinativo.

Estas análises foram realizadas para todos os grãos ensaiados com o objetivo de observar o efeito do embolsado sobre a qualidade comercial do produto e também para determinar a eficácia do uso desta técnica na armazenagem de sementes. Além destas análises gerais, realizam-se análises de qualidade industrial específicas para cada grão em particular. No caso da soja realizaram-se análises de conteúdo de matéria gordurosa e de acidez da mesma para observar o efeito desta técnica de armazenagem sobre a qualidade comercial de grão mencionado.

### **Poder germinativo:**

Utiliza-se para avaliar a viabilidade da semente para produzir uma nova planta. Colocam-se 100 gramas em condições básicas de temperatura e umidade durante 7 dias, os quais finalizados realiza-se uma contagem da quantidade de sementes que dão origem a uma planta viável e determina-se a porcentagem. Este índice é muito sensível e permite detectar rapidamente si o grão há sido "fisiologicamente" afetado pela armazenagem. Estas análises foram realizadas pelo Laboratório de Diagnósticos Agrícolas, Qualidade Total de Necochea, sucursal Balcarce.

## **Umidade de embolsado**

As determinações do conteúdo de umidade das amostras realizaram-se no laboratório por meio de estufa. Desde o momento da coleta até a chegada ao laboratório as amostras foram mantidas identificadas em bolsas de polietileno com fechamento hermético para não produzir variações nos níveis de umidade.

### **Temperatura**

O seguimento da temperatura realizou-se mediante dataloggers que coletaram valores de temperatura horária durante todo o período do ensaio em ambas as bolsas, soja a 12,5%

de umidade e a 15,6% de umidade. Foram tomados valores de temperatura ambiente e do grão. A temperatura do grão foi tomada em três posições dentro da bolsa, superior, média e inferior. A temperatura da posição superior corresponde ao grão que está próximo a superfície (1 a 10 cm), a temperatura da posição média corresponde ao grão localizado aproximadamente no centro da bolsa, e a temperatura da posição inferior corresponde ao grão próximo ao piso da bolsa. Os sensores foram localizados com a ajuda de varas de ferro para alcançar os lugares desejados e logo os orifícios produzidos pela colocação destes elementos foram fechados com seladores para manter a hermeticidade do sistema.



Figura 6. Instalação de sensores de temperatura no interior das bolsas. Cada uma das varinhas corresponde a uma localização dentro da bolsa (superior, média e inferior).



Figura 7. Instalação da caixa hermética contendo os dataloggers para a coleta de dados de temperatura.

### **Dióxido de carbono**

Realizou-se um seguimento da concentração de CO<sub>2</sub> durante o período do ensaio com a finalidade de determinar si chega a alcançar valores que permitam realizar um controle natural dos insetos. As concentrações foram medidas a diferentes profundidades no interior das bolsas, com a intenção de estabelecer si a concentração de CO<sub>2</sub> é uniforme ou si se criam zonas de menor concentração e potencialmente perigosas para o desenvolvimento de insetos. A medição de CO<sub>2</sub> foi realizada com um analisador rápido de anidrido carbônico e oxigênio marca Illionois Instruments 3600 (Ingleside, Illinois, USA)



Figura 8. Determinação da concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior das bolsas.

#### **Atividades dos insetos:**

Para determinar o efeito da atmosfera modificada que se produz no interior da bolsa sobre a atividade dos insetos foi colocada celas contendo gorgulhos vivos em diferentes profundidades no interior das bolsas. Para isso confeccionaram-se tubos de plásticos de 1,5 m de longitud com 3 divisões que se foi inserido na massa de grãos. No interior de cada uma das divisões foram colocados 30 gorgulhos vivos fechados em um panho fino plástico recheado de grãos de soja. Os insetos estiveram expostos a diferentes atmosferas conformadas no interior da bolsa, desde a zona próxima a superfície até a zona do piso da bolsa. Por cada bolsa colocaram-se 9 tubos (3 repetições por cada 3 épocas de amostras)



Figura 9. Colocação dos tubos contendo celas com insetos vivos no interior das bolsas.

## Resultado e discussão

### Evolução da temperatura do grão

O ensaio do trigo começou no dia 02 de janeiro com temperaturas ambientes elevadas. No momento da confecção das bolsas o promédio da temperatura do grão a 16,4% de umidade e a 12,5% de umidade foi de 39°C, com uma variação entre 33.0 e 43.6°C. o grão foi colocado na bolsa com uma temperatura de aproximadamente 43°C, porém houve demora de algumas horas na colocação dos sensores, assim que quando os sensores começaram a registrar a temperatura dos grãos, a mesma já havia sido influenciada pela temperatura ambiente, por isso pode-se observar que o grão da parte superior da bolsa começa registrando uma temperatura inferior ao restante. Desde o início do ensaio a temperatura do grão no interior da bolsa descende acompanhando a queda da temperatura ambiente. No gráfico 1 observa-se que a evolução da temperatura ambiente pode dividir-se em três etapas durante o período do ensaio. Entre o dia 02 e o dia 11 de janeiro a temperatura ambiente baixou de aproximadamente 35°C até 20°C, e a partir do dia 19 de março até o final do ensaio (4 de junho), a temperatura ambiente começa a cair novamente com alguns altos e baixos até 5-10°C. Pode-se observar que as temperaturas do trigo a 12.5% de umidade e do trigo a 16.4% de umidade para as diferentes posições seguem esta evolução. Em uma primeira etapa a temperatura do grão descende desde 39°C até 24°C conforme cai a temperatura ambiente. Em uma segunda etapa, quando a temperatura ambiente se estabiliza a temperatura do grão também se estabiliza, oscilando no trigo a 12.5% de umidade próxima aos 18.9°C e próxima aos 24.7°C no trigo armazenado a 16.4% de umidade. Finalmente observa-se uma queda paulatina da temperatura do grão, a partir de 19 de março, a medida que a temperatura começa a baixar até a o final do ensaio, onde o trigo armazenado a 12.5% de umidade alcança um promédio de 11.7°C e 14.5°C no trigo armazenado a 16.4% de umidade. A evolução da temperatura na bolsa de grão a 12.5% de umidade foi muito parecida a da de 16.4% de

umidade, ainda aos 80 e 150 dias a temperatura do grão a 12.5% de umidade foi, respectivamente, 2.8 e 5.8°C mais fria. Em ambas as bolsas observa-se que o grão próximo a superfície segue a evolução da temperatura ambiente devido ao intercâmbio de calor com o ar ambiente mais frio. Por este motivo o trigo na superfície da bolsa sempre esteve mais frio que o resto da massa de trigo. A temperatura do trigo próximo ao piso da bolsa também começa a baixar desde o momento do início do ensaio, porém esta queda foi mais paulatina que no grão da superfície. O calor do grão da parte inferior da bolsa foi dissipado diretamente ao solo. O grão na parte central da bolsa não pode dissipar o calor ao ambiente nem ao solo, por isso a queda da temperatura na parte central da bolsa foi mais lenta que no resto do granel. A influência da oscilação diária da temperatura ambiente somente alcança a parte superficial do granel, perdendo seu efeito a medida que aprofunda-se na bolsa.

A capacidade da bolsa de dissipar o calor do grão foi muito importante. O trigo a 12.5% de umidade diminuiu em promédio, com respeito à temperatura inicial, 15.2, 19.3 e 27.5°C aos 45, 80 e 150 dias de armazenagem respectivamente, no entanto que para o grão a 16.4% de umidade a diminuição da temperatura durante o mesmo período de tempo foi de 14.4, 14.4 e 24.6°C. a temperatura final do grão, tanto na bolsa de trigo a 12.5% de umidade como de trigo a 16.4% de umidade foi suficientemente baixa com para evitar problemas de conservação.

## Temperatura promédio 24 hs trigo seco (2 de janeiro a 4 de junho)

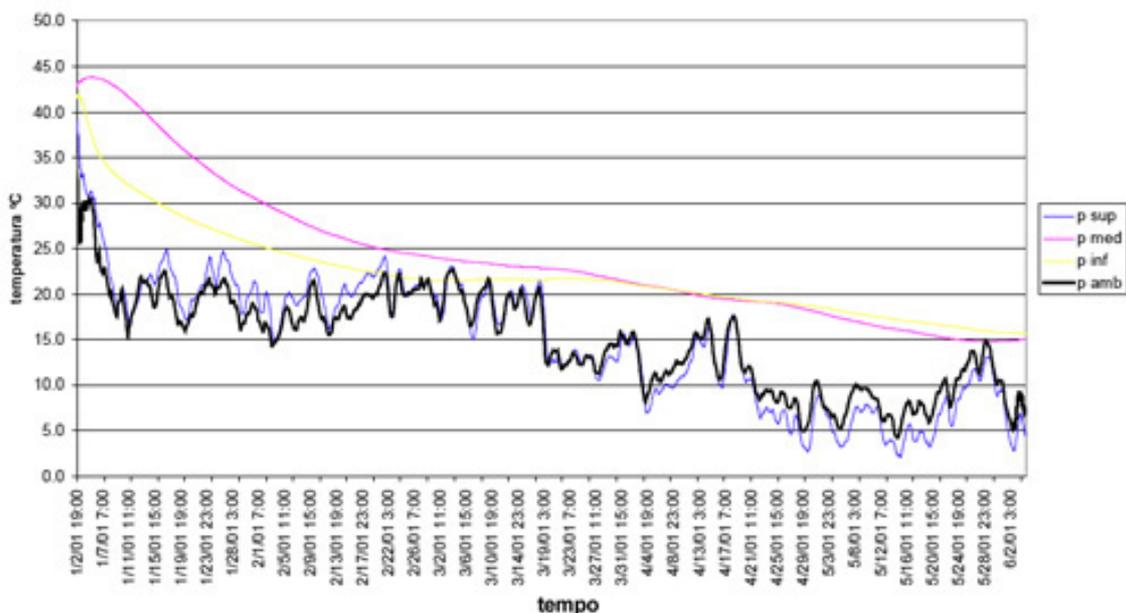


Gráfico 1 – Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio de 24 hs) durante o período de duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 12.5% de umidade

## Temperatura promédio 24 hs trigo úmido (2 de janeiro a 4 de junho)

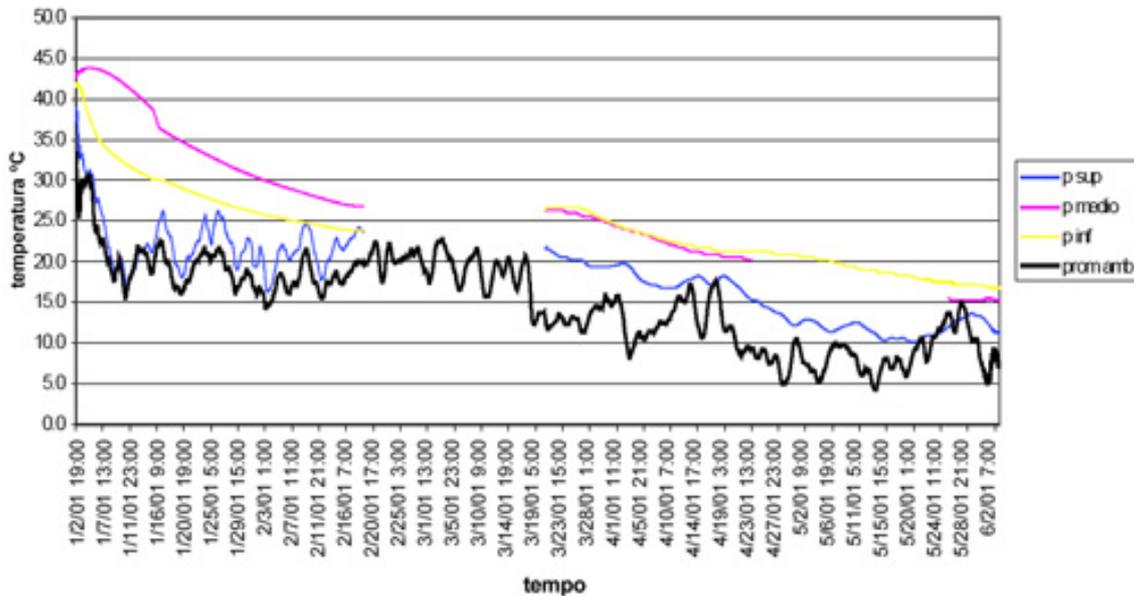


Gráfico 2 – Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio de 24 hs) durante o período de duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 16.4% de umidade.

## Evolução da umidade do grão

A promédio inicial da umidade do trigo a 12.5% de umidade foi de 12.5%. Si bem se observa um aumento paulatino do promédio da umidade na bolsa de grão a 12.5% de umidade, este aumento não é estatisticamente significativo. Na bolsa de trigo a 16.4% de umidade o promédio da umidade inicial foi de 16.4%, e ao igual que no trigo a 12.5% a variação da umidade no tempo tampouco é estatisticamente significativa, o qual indica que as bolsas comportaram-se como um sistema verdadeiramente hemético ao passo d água, já que em nenhum caso houve nem perda nem ganhância de umidade durante o período do ensaio. Não foi observada uma estratificação de umidade estatisticamente significativa no tempo, já que logo de 150 dias de armazenamento a variação de umidade no trigo armazenado a 12.5% de umidade foi de 0.6% e no trigo armazenado a 16.4% de umidade foi de 0.4%. Esta situação é altamente favorável, já que a deposição de umidade em uma determinada zona criaria um ambiente desfavorável para a conservação dos grãos.

## Evolução de umidade – Trigo Seco

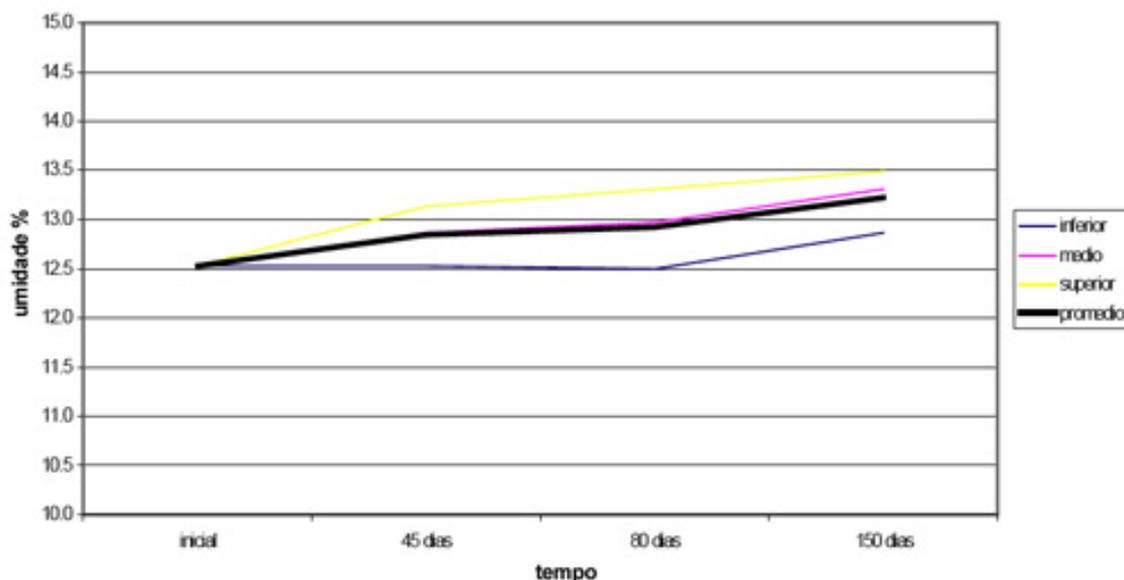


Gráfico 3 – Evolução da umidade do grão durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo armazenado a 12.5% de umidade.

## Evolução de umidade – Trigo Úmido

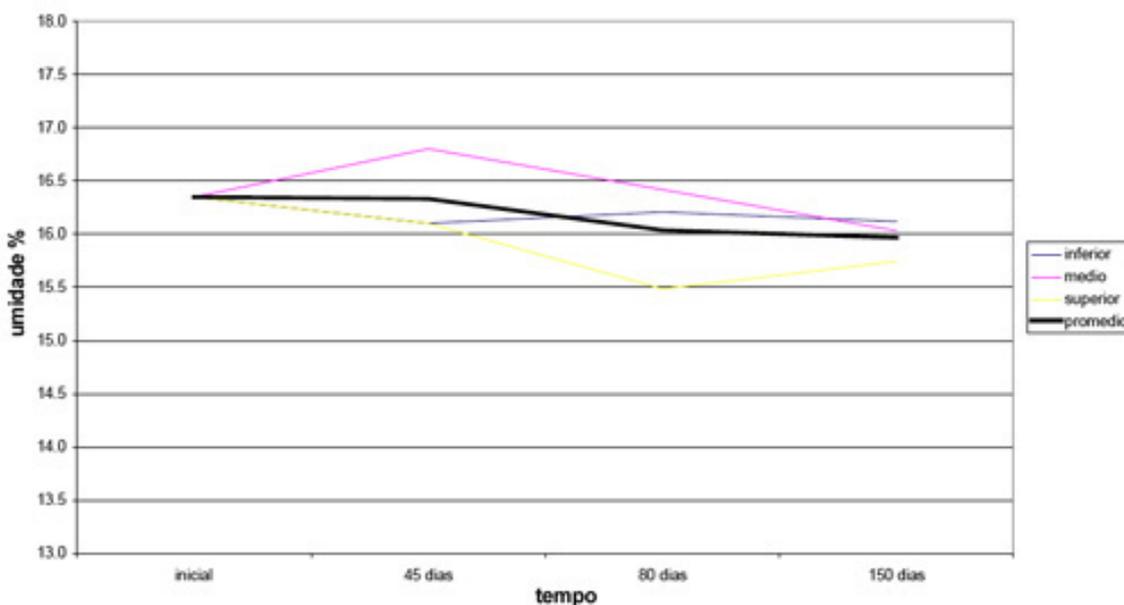


Gráfico 4 – Evolução da umidade do grão durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo armazenado a 16.4% de umidade.

## Evolução do peso hectolítrico

O peso hectolítrico dos grãos está influenciado pelo conteúdo de umidade dos mesmos, quanto maior conteúdo de umidade, menor é o peso hectolítrico (Brooker et al, 1992). As diferenças iniciais no peso hectolítrico são devidas ao diferente conteúdo de umidade entre o trigo a 16.4% de umidade e o a 12.5% de umidade. Ao manter as diferenças do conteúdo de umidade no tempo, o mesmo ocorre com o peso hectolítrico, o qual sempre foi mais baixo no trigo a 16.4% de umidade que no trigo a 12.5% de umidade. A

variação do peso hectolítrico no tempo foi muito baixa (0.4 e 1.3 para o trigo a 12.5% de umidade e a 16.4% de umidade respectivamente em 150 dias), porém foi estatisticamente significativa aos 5%, o qual estabeleceu que existe uma perda paulatina do peso hectolítrico dos grãos a medida que transcorre o período de armazenagem. Além disso, foi observada uma interação entre umidade inicial do grão e tempo de armazenamento estatisticamente significativa aos 10%. Isso implica que o peso hectolítrico do grão foi afetado, em 90% dos casos, pela combinação entre umidade inicial e tempo de armazenamento (gráfico 3). No trigo armazenado a 12.5% de umidade registrou-se uma menor diminuição do peso hectolítrico que no trigo a 16.4% de umidade, o qual é um resultado lógico. Ainda que estatisticamente significativa, a diminuição do peso hectolítrico no tempo foi tão baixa que não há constituído uma diminuição da qualidade inicial do grão. Não há nenhuma tendência à diminuição do peso hectolítrico do trigo segundo localize-se na parte superior, média ou inferior da bolsa, o que demonstra que a variação do peso hectolítrico não há sido influenciada pela posição do grão. Este é um resultado muito importante porque si bem não foi observado diferenças importantes na umidade do grão no perfil da bolsa (superior, média e inferior), a temperatura que suportou o grão foi diferente segundo a posição, e por esse motivo, seria lógico encontrar diferenças na variação do peso hectolítrico do trigo segundo sua posição na bolsa. Isso coloca em evidência que o peso não foi influenciado pelo regime de temperaturas que suporta o grão durante o período de armazenagem, pelo menos nas variáveis temperatura e tempos de exposição experimentados neste ensaio.

## Peso hectolítrico – Trigo Seco

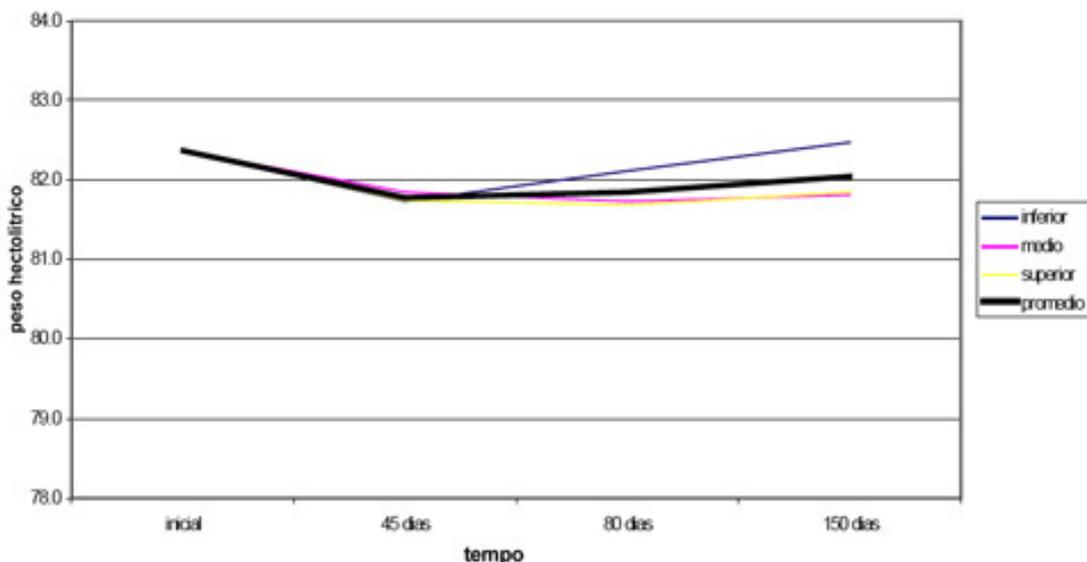


Gráfico 5 – Evolução do peso hectolítrico durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 12.5% de umidade.

## Peso hectolítrico – Trigo Úmido

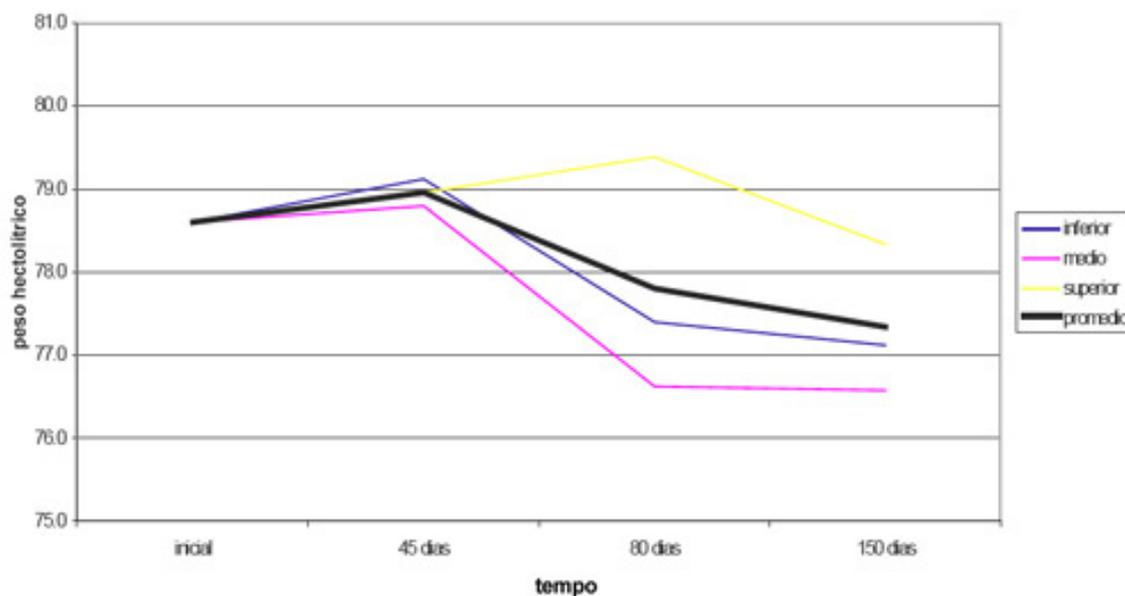


Gráfico 6 – Evolução do peso hectolítrico durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 16.4% de umidade.

### Evolução da energia germinativa

O efeito do conteúdo de umidade sobre a energia germinativa do trigo foi altamente significativo (0.01%). No caso do trigo a 12.5% de umidade, o grão perdeu 7% de sua energia germinativa durante 150 dias de armazenamento, enquanto que o trigo a 16.4% de umidade perdeu 69% de sua energia germinativa durante o mesmo período, finalizando o trigo a 12.5% de umidade quase com 60% a mais de energia germinativa que o trigo a 16.4% de umidade. Este é um resultado lógico, já que a energia germinativa e o poder germinativo são características da semente altamente afetadas pelo conteúdo de umidade. A posição do grão dentro da bolsa também afetou a energia germinativa do trigo (0.01%). Na bolsa de trigo a 16.4% de umidade observa-se que a energia germinativa descendeu a 0% aos 45 dias na parte inferior e média da bolsa. Aos 80 dias a energia na parte média da bolsa sobe até 28% isso deve-se fundamentalmente a um efeito da variabilidade biológica e a um problema de retirada de amostras, porém de nenhuma maneira implica uma melhoria nas condições do grão. Na parte superior da bolsa a diminuição da energia germinativa não é importante até os 80 dias, onde se mantém em 87.3%, para logo cair a 64.7% aos 150 dias. Isso demonstra que a posição do grão na bolsa também é um fator de importância. O mesmo pode ser observado na bolsa de trigo a 12.5% de umidade, ainda que o efeito da posição do grão na mesma é menos importante que no caso do grão a 16.4% de umidade. A perda da energia germinativa na parte média e inferior da bolsa deve-se fundamentalmente ao um efeito da temperatura. A temperatura na parte superior da bolsa baixou rapidamente, aos poucos dias de começado o ensaio, em cambio na parte média e inferior da bolsa o grão suportou elevadas temperaturas durante um período prolongado de tempo. A combinação de elevada umidade e altas temperaturas fizeram com que o trigo perda totalmente sua energia germinativa aos poucos dias de começado o ensaio na parte inferior e média da bolsa de trigo a 16.4% de umidade. Nas bolsas de trigo a 12.5% de umidade observa-se também uma perda da energia germinativa na parte inferior e média da bolsa, que somente foi evidente aos 150 dias de armazenamento. Como a umidade foi suficientemente baixa, a diferença do que ocorreu na bolsa de trigo a 16.4% de umidade,

a perda de energia germinativa é muito baixa (3-4%). O tempo de armazenamento também afetou a energia germinativa, porém seu efeito mais importante começa a partir dos 80 dias de armazenagem.

## Energia – Trigo Seco

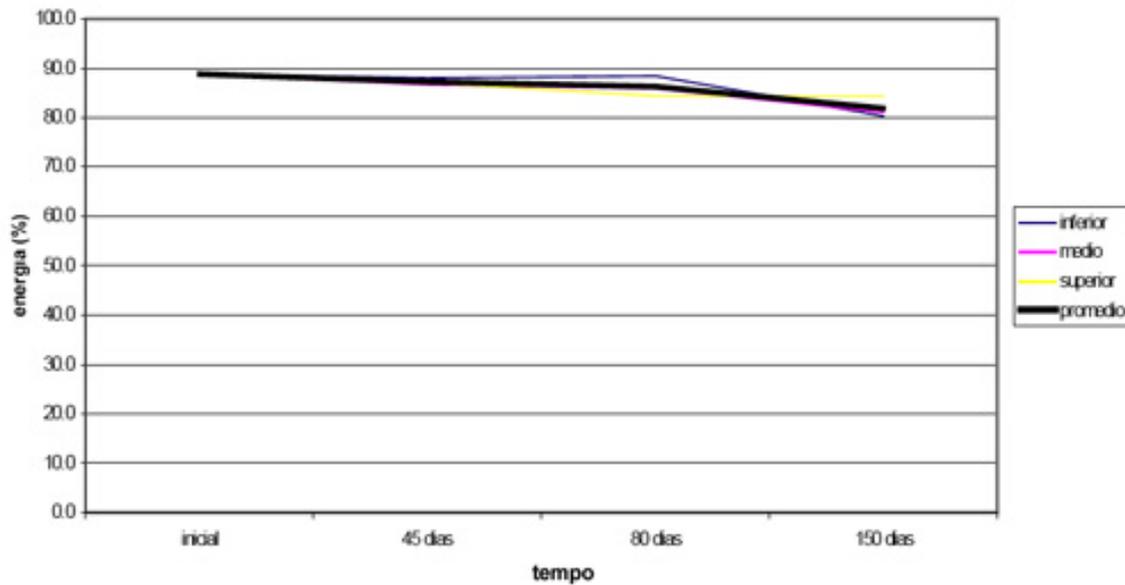


Gráfico 7 - Evolução da energia germinativa durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 12.5% de umidade.

## Energia – Trigo Úmido

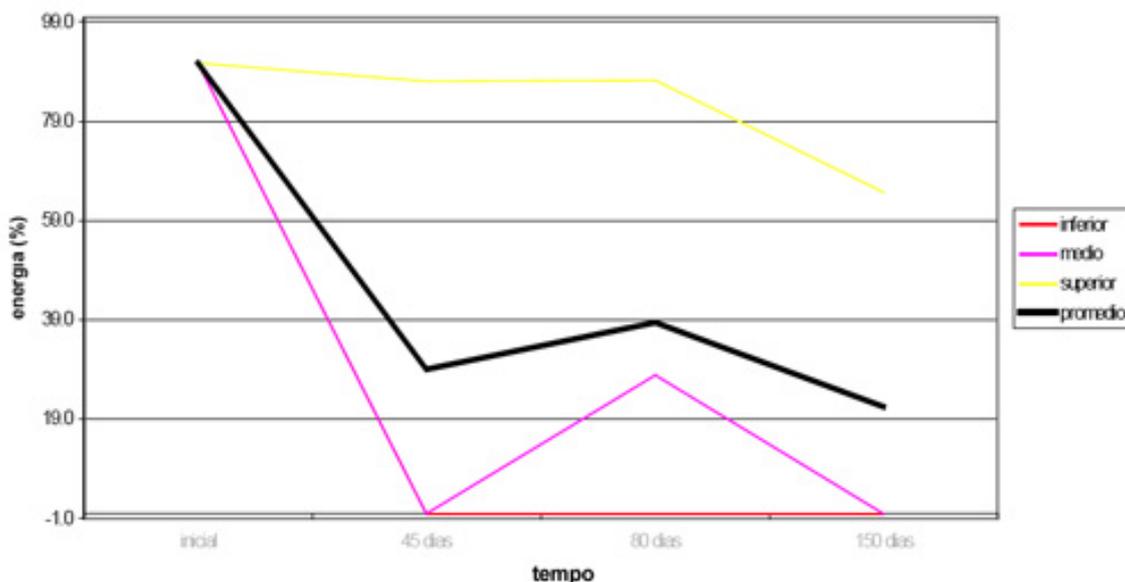


Gráfico 8 - Evolução da energia germinativa durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 16.4% de umidade.

## Evolução do poder germinativo

O poder germinativo dos grãos é afetado pelas mesmas variáveis que afetam a energia germinativa, portanto é lógico encontrar os mesmos resultados. O conteúdo inicial de

umidade teve um efeito estatisticamente significativo no poder germinativo (0.01%). A bolsa com trigo a 12.5% de umidade praticamente manteve seu poder germinativo, diminuindo somente 5.4% em 150 dias, em cambio a bolsa de grão a 16.4% de umidade diminui seu poder germinativo de maneira importante quase desde o inicio do ensaio, diminuindo 54% em promedio ao finalizar o ensaio. Ao finalizar o ensaio (150 dias de armazenamento) o trigo a 12.5% de umidade apresenta um promedio 47% mais de poder germinativo que o trigo a 16.4% de umidade. A posição do grão dentro da bolsa também afetou o poder germinativo, sendo muito notável a diminuição deste parâmetro na posição média e inferior da bolsa. Igual que no caso da energia germinativa, este efeito se nota mais na bolsa de trigo a 16.4% de umidade. Os motivos que explicam esta diminuição no poder germinativo já foram explicados para energia germinativa. O tempo também tem efeito sobre este parâmetro de qualidade, mas somente se faz evidente depois dos 80 dias de armazenagem. No trigo a 12.5% de umidade o poder germinativo diminui em promedio 2.2% durante 80 dias de armazenagem, e 3.2% entre os 80 e 150 dias restantes. De qualquer maneira um poder germinativo final de 87% é considerado um número bom. O sistema de armazenagem em bolsas é utilizado para armazenar grão, como também semente para a próxima safra. O trigo é semeado a principio de janeiro, então o período de armazenagem será entre 170-220 dias. Tanto energia germinativa como poder germinativo são parâmetros muito importantes para avaliar a viabilidade da semente e deste estudo desprende-se que si o grão é embolsado a 12.5% de umidade, a qualidade da semente pode ser perfeitamente mantida durante período de armazenagem mencionado. Já foi destacado que a combinação de altas umidades e elevadas temperaturas suportadas durante períodos longos de tempo diminuíram tanto a energia germinativa como o poder germinativo do trigo, fazendo inviável seu uso como semente. Esta situação foi observada na posição média e inferior da bolsa de grão a 16.4% de umidade (16%). Em cambio, na posição superior, onde a temperatura descendeu rapidamente, a qualidade do grão para ser utilizado como semente não foi maiormente afetada, pelo menos durante 80 dias de armazenagem. Isso sugere que si o grão é armazenado com umidades superiores às de recibo, porém se toma a precaução de colocar-lo na bolsa quando as temperaturas ambientes não são elevadas (grão fino), a semente poderia ser armazenada por um período de tempo de pelo menos 80 dias sem dano. Falta estabelecer qual é a interação umidade-temperatura-tempo de armazenagem para garantir a viabilidade da semente de trigo colocada na bolsa baixo diferentes combinações de ditos parâmetros, porém se pode estabelecer que quanto mais baixa a umidade e a temperatura inicial, mais prolongado pode ser o tempo de armazenagem sem danos na semente.

## PG - Trigo Seco

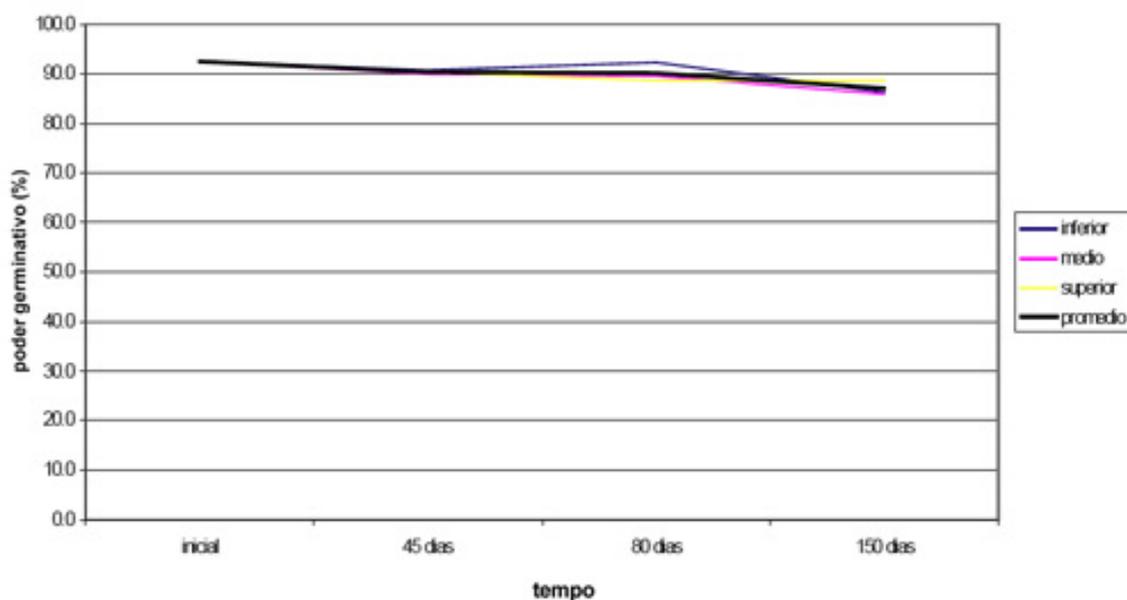


Gráfico 9 – Evolução do poder germinativo durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 12.5% de umidade.

## PG - Trigo Úmido

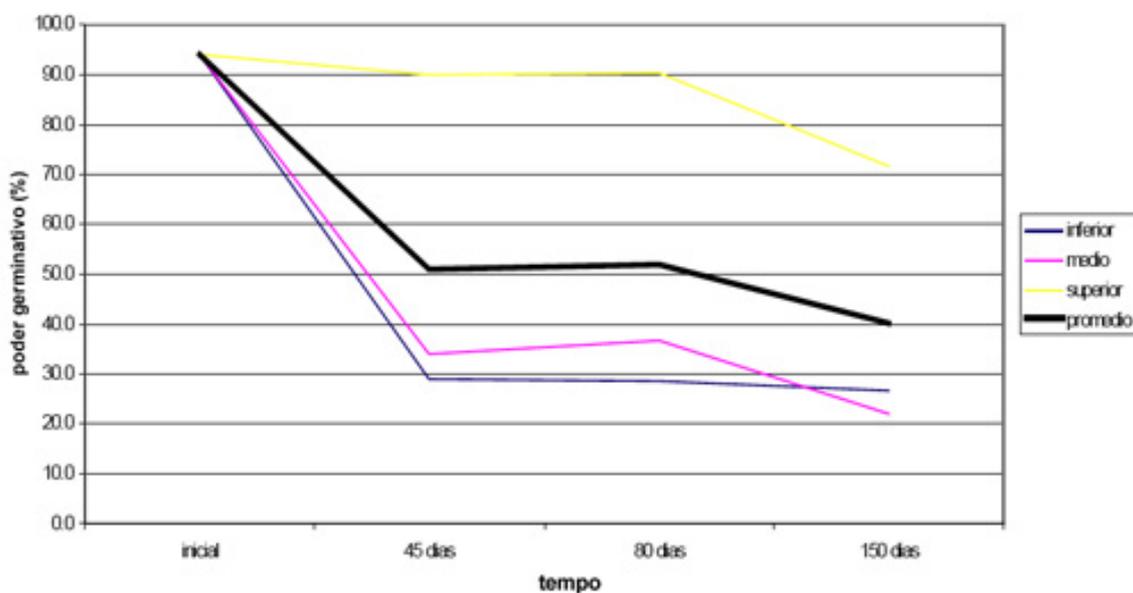


Gráfico 10 – Evolução do poder germinativo durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de trigo a 16.4% de umidade.

## Qualidade panificadora

Conteúdo de glúten:

O conteúdo inicial de glúten foi similar para o trigo a 12.5% de umidade e a 16.4% de umidade (30.2 e 29.8% respectivamente). O conteúdo inicial de umidade afetou a porcentagem de glúten, diminuindo notavelmente no grão a 16.4% de umidade. A posição do grão na bolsa também afetou a porcentagem do glúten, porém este efeito foi mais notável no trigo a 16.4% de umidade onde o grão do centro e da parte inferior da bolsa mostrou uma forte diminuição na porcentagem de glúten, enquanto que o trigo da parte superior não foi afetado. O tempo de armazenagem também afeta a porcentagem de glúten, a qual diminui 1.7% no trigo a 12.5% de umidade e 5% no trigo a 16.4% de umidade para 80 dias de armazenagem.

Aos 150 dias acentua-se a tendência, mostrando uma leve diminuição no conteúdo de glúten na bolsa com grão a 12.5% em tanto que a bolsa com grão a 16.4% de umidade apresenta uma séria diminuição na sua quantidade como na sua qualidade, já que salvo o trigo da parte superior da bolsa, o restante apresenta problemas para ligar.

| Glúten em trigo a 12.5% de umidade |         |      |         |      |         |      |          |    |
|------------------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|----------|----|
| Momento da Observação              |         |      |         |      |         |      |          |    |
|                                    | Inicial |      | 45 dias |      | 80 dias |      | 150 dias |    |
|                                    | %       | GI   | %       | GI   | %       | GI   | %        | GI |
| Inferior                           | 30.2    | C    | 28.3    | C    | 27.7    | C    | 28.5     | C  |
| Médio                              |         |      | 28.7    | C    | 28.5    | C    | 27.9     | C  |
| Superior                           |         |      | 28.4    | Cg   | 29.2    | Cg   | 27.1     | C  |
| Promédio                           | 30.2    | 90.0 | 28.5    | 87.7 | 28.5    | 87.7 | 27.8     |    |

| Glúten em trigo a 16.4% de umidade |         |      |         |        |         |       |          |    |
|------------------------------------|---------|------|---------|--------|---------|-------|----------|----|
| Momento da Observação              |         |      |         |        |         |       |          |    |
|                                    | Inicial |      | 45 dias |        | 80 dias |       | 150 dias |    |
|                                    | %       | GI   | %       | GI     | %       | GI    | %        | GI |
| Inferior                           | 29.8    | C    | 26.0    | Cg (*) | 21.1    | Cg(*) | sem liga | -  |
| Médio                              |         |      |         |        | 23.2    | Cg(*) | 20.2     | Cg |
| Superior                           |         |      |         |        | 30.0    | Cg    | 25.0     | C  |
| Promédio                           | 29.8    | 85.0 | 26.0    | 101.0  | 24.8    | 99.0  | 22.6     |    |

GI: glúten index C= glúten corto, Cg= glúten corto grumoso, (\*)= dificuldades para ligar

Tabela 2. Efeito sobre a porcentagem de glúten em trigo a 12.5% e 16.4% de umidade

## Alveograma:

Os dados correspondentes ao alveograma são um pouco confusos, por tal motivo as conclusões sobre este ponto realizaram-se em conjunto com o grupo do laboratório de qualidade de trigo da Chacra Experimental de Barrow.

| Parâmetros do alveograma trigo a 12.5% de umidade |         |     |         |     |         |     |          |     |
|---|---------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|
| Momento da Observação                             |         |     |         |     |         |     |          |     |
|   | Inicial |     | 45 dias |     | 80 dias |     | 150 dias |     |
|   | W       | P/L | W       | P/L | W       | P/L | W        | P/L |
| Inferior  | 282     | 0.9 | 284     | 1.0 | 278     | 1.0 | 312      | 1.0 |
| Médio   | 282     | 0.9 | 284     | 1.0 | 301     | 1.0 | 309      | 1.1 |
| Superior  | 282     | 0.9 | 268     | 0.9 | 287     | 0.9 | 320      | 1.1 |
| Promédio  | 282     | 0.9 | 278     | 1.0 | 288     | 1.0 | 313      | 1.1 |

| Parâmetros do alveograma trigo a 16.4% de umidade |         |     |         |     |         |     |          |     |
|---|---------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|
| Momento da Observação                             |         |     |         |     |         |     |          |     |
|   | Inicial |     | 45 dias |     | 80 dias |     | 150 dias |     |
|   | W       | P/L | W       | P/L | W       | P/L | W        | P/L |
| Inferior  |         |     |         |     | 307     | 1.8 | 279      | 2.9 |
| Médio   | 288     | 1.0 | 342     | 1.5 | 286     | 1.6 | 247      | 3.7 |
| Superior  |         |     |         |     | 321     | 1.1 | 324      | 1.3 |
| Promédio  | 288     | 1.0 | 342     | 1.5 | 288     | 1.5 | 283      | 2.6 |

Tabela 3. Efeito sobre parâmetros do alveograma  
Parâmetros do alveograma trigo a 12.5% de umidade e 16.4% de umidade.

## Panificação:

Houve uma importante diferença no volume de panificação inicial entre o trigo a 12.5% de umidade e o trigo a 16.4% de umidade, apresentando este último um volume de 55cm<sup>3</sup> maior que no trigo a 12.5% de umidade.

O volume de panificação foi afetado pela umidade do grão, sendo este parâmetro mais prejudicado no trigo a 16.4% de umidade que no trigo a 12.5% de umidade. No trigo a 12.5% de umidade o volume de panificação mostra um aumento com respeito ao valor original de 38.3cm<sup>3</sup>, enquanto que o trigo a 16.4% de umidade reduz seu volume de panificação em 70cm<sup>3</sup>. A posição do grão na bolsa também afetou o volume de panificação, e igual que nos demais parâmetros de qualidade o efeito foi muito mais importante no grão armazenado a 16.4% de umidade que no grão a 12.5% de umidade, sendo o grão da parte inferior e central da bolsa sempre o mais afetado. No grão a 12.5% de umidade existe uma diferença de 35cm<sup>3</sup> entre o volume de panificação do trigo localizado na parte inferior e na superior, enquanto que em trigo a 16.4% de umidade a diferença é de 100 e 110cm<sup>3</sup> entre o grão da parte inferior e média da bolsa respectivamente. No tempo de armazenagem também afetou o volume de panificação, porém seu efeito foi diferente no grão a 16.4% de umidade que no trigo a 12.5% de umidade. No grão a 16.4% de umidade o volume de panificação diminui com o tempo, enquanto que o grão a 12.5% de umidade observa-se um aumento em dito parâmetro.

| Parâmetros do alveograma trigo a 12.5% de umidade |         |     |         |     |         |     |          |     |
|---|---------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|
| Momento da Observação                             |         |     |         |     |         |     |          |     |
|   | Inicial |     | 45 dias |     | 80 dias |     | 150 dias |     |
|   | W       | P/L | W       | P/L | W       | P/L | W        | P/L |
| Inferior  | 282     | 0.9 | 284     | 1.0 | 278     | 1.0 | 312      | 1.0 |
| Médio   | 282     | 0.9 | 284     | 1.0 | 301     | 1.0 | 309      | 1.1 |
| Superior  | 282     | 0.9 | 268     | 0.9 | 287     | 0.9 | 320      | 1.1 |
| Promédio  | 282     | 0.9 | 278     | 1.0 | 288     | 1.0 | 313      | 1.1 |

| Parâmetros do alveograma trigo a 16.4% de umidade |         |     |         |     |         |     |          |     |
|---|---------|-----|---------|-----|---------|-----|----------|-----|
| Momento da Observação                             |         |     |         |     |         |     |          |     |
|   | Inicial |     | 45 dias |     | 80 dias |     | 150 dias |     |
|   | W       | P/L | W       | P/L | W       | P/L | W        | P/L |
| Inferior  |         |     |         |     | 307     | 1.8 | 279      | 2.9 |
| Médio   | 288     | 1.0 | 342     | 1.5 | 286     | 1.6 | 247      | 3.7 |
| Superior  |         |     |         |     | 321     | 1.1 | 324      | 1.3 |
| Promédio  | 288     | 1.0 | 342     | 1.5 | 288     | 1.5 | 283      | 2.6 |

Tabela 4 – Efeito sobre parâmetros do ensaio de panificação  
Parâmetros de panificação no trigo a 12.5% e 16.4% de umidade

## Evolução da concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>

A respiração do grão produziu um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e diminuição de O<sub>2</sub> no interior das bolsas. A variação da concentração dos gases mencionados foi influenciada pelo conteúdo inicial de umidade do grão e pelo tempo de armazenamento, enquanto que não se observou diferenças com relação à posição do grão, o que indica que não se produziu uma estratificação dos gases. No grão a 16.4% de umidade a concentração de CO<sub>2</sub> chega a 18.9% em somente 5 dias, enquanto que na bolsa de grão a 12.5% de umidade registrou-se uma concentração de 4.4%. A diferença entre ambas as leituras (concentração de CO<sub>2</sub> no grão a 12.5% de umidade 77% menor que no grão a 16.4% de umidade) indica que a respiração do grão foi muito mais importante no grão a 16.4% de umidade que no trigo a 12.5% de umidade. O mesmo desprende-se da análise da concentração de O<sub>2</sub>. No grão a 16.4% de umidade a concentração de O<sub>2</sub> diminui 74% com respeito aos 21% da atmosfera inicial (5.5%), em tanto que no grão a 12.5% de umidade a diminuição é de 30% (14.7%). A concentração de O<sub>2</sub> no grão a 12.5% de umidade foi 167% maior que no grão a 16.4% durante período citado. Aos 100 dias observa-se um aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no grão a 16.4% de umidade e a 12.5% de umidade. No grão a 16.4% de umidade a concentração de CO<sub>2</sub> aumenta 17% com relação a concentração aos 5 dias, enquanto que no grão a 12.5% de umidade o aumento é de 66%. Si bem o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> entre 5 e 100 dias de armazenagem é maior no grão a 12.5% de umidade que no grão 16.4% de umidade, a concentração na bolsa de grão a 12.5% de umidade aos 100 dias é 43% menor que no grão a 16.4% de umidade. A concentração de O<sub>2</sub> diminui 29% aos 100 dias no grão a 12.5% de umidade, enquanto que no grão a 16.4% de umidade não se modifica com respeito à leitura aos 5 dias. Aos 100 dias de armazenagem a concentração de CO<sub>2</sub>

continua sendo maior (85%) no grão a 16.4% de umidade que no grão a 12.5% de umidade.

| Trigo ensacado com 12.5% de umidade média |                        |                       |                        |                       |
|---|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|   | 5 dias                 |                       | 50 dias                |                       |
| Posição                                   | CO <sub>2</sub><br>(%) | O <sub>2</sub><br>(%) | CO <sub>2</sub><br>(%) | O <sub>2</sub><br>(%) |
| Inferior                                  | 4.5                    | 14.7                  | 13                     | 10.5                  |
| Médio                                     | 4.5                    | 14.8                  | 13                     | 10.4                  |
| Superior                                  | 4.3                    | 14.7                  | 13                     | 10.2                  |
| Promédio                                  | 4.4                    | 14.7                  | 13                     | 10.4                  |

| Trigo ensacado com 16.4% de umidade média |                        |                       |                        |                       |
|---|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|   | 5 dias                 |                       | 50 dias                |                       |
| Posição                                   | CO <sub>2</sub><br>(%) | O <sub>2</sub><br>(%) | CO <sub>2</sub><br>(%) | O <sub>2</sub><br>(%) |
| Inferior                                  | 19.5                   | 5.3                   | 23                     | 5.2                   |
| Médio                                     | 18.5                   | 5.6                   | 23                     | 5.7                   |
| Superior                                  | 18.6                   | 5.6                   | 22.5                   | 5.9                   |
| Promédio                                  | 18.9                   | 5.5                   | 22.8                   | 5.6                   |

Tabela 5. Evolução da concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>  
Determinação de concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> em trigo a 12.5% e 16.4% de umidade

## Evolução do controle de insetos

Não se observou a presença de um só inseto vivo em nenhum dos momentos da medição, tanto na bolsa de trigo a 12.5% de umidade como na de 16.4% de umidade. A bibliografia existente cita que com uma relação concentração de CO<sub>2</sub> tempo de exposição (ct-produto) de 9744% obteve-se um controle total de insetos (White y Jayas, 1993). Considerando que no grão a 12.5% de umidade, aos 45 dias de armazenagem acumulou-se uma relação ct-produto de 9396% (1080 hs \* 8.7%), seria possível atribuir a mortalidade dos insetos às doses de CO<sub>2</sub> recebida. No trigo a 12.5% de umidade outro fator que pode haver incidido na mortalidade dos insetos foi o conteúdo de umidade do grão. O trigo a 12.5-13% de umidade possui uma umidade relativa de equilíbrio inferior a 70% (umidade do ar intergranario). Existem evidencias que umidades relativas baixas podem causar mortalidade de insetos pelo efeito de desidratação (Bogliaccini, 2001). No caso do trigo a 16.4% de umidade a dose de ct-produto acumulada aos 45 dias foi de 24960%h (1080 hs \* 20.9%). Este valor seria mais que suficiente para realizar um controle total de insetos. Além disso o trigo a 16.4% de umidade possui um conteúdo de umidade relativa de equilíbrio o suficiente alto como para não afetar a mortalidade dos insetos, por este motivo o controle dos insetos poderia atribuir-se à combinação de doses de CO<sub>2</sub> recebida e tempo de exposição à mesma.

| Determinação de insetos vivos na soja a 12.5% de umidade |         |    |    |         |   |   |         |   |   |          |   |   |
|--|---------|----|----|---------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|
| Momento da Observação                                    |         |    |    |         |   |   |         |   |   |          |   |   |
|  | Inicial |    |    | 45 dias |   |   | 80 dias |   |   | 150 dias |   |   |
| Inferior   | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Médio  | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Superior   | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Promédio   | 30      |    |    | 0       |   |   | 0       |   |   | 0        |   |   |

| Determinação de insetos vivos na soja a 16.4% de umidade |         |    |    |         |   |   |         |   |   |          |   |   |
|--|---------|----|----|---------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|
| Momento da Observação                                    |         |    |    |         |   |   |         |   |   |          |   |   |
|  | Inicial |    |    | 45 dias |   |   | 80 dias |   |   | 150 dias |   |   |
| Inferior   | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Médio  | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Superior   | 10      | 10 | 10 | 0       | 0 | 0 | 0       | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |
| Promédio   | 30      |    |    | 0       |   |   | 0       |   |   | 0        |   |   |

Tabela 6. Efeito sobre controle de insetos.

Determinação de insetos vivos no trigo a 12.5% e 16.4% de umidade

## Conclusões

- A temperatura do grão nas bolsas segue a evolução da temperatura ambiente obtendo-se uma marcada queda da temperatura durante o tempo de armazenagem. A evolução mencionada foi influenciada pela posição do grão na bolsa. O grão da parte superior apresenta uma queda quase imediata da temperatura, por dissipação do calor ao ar ambiente mais frio que o grão. O grão localizado na parte inferior da bolsa dissipa o calor ao piso, porém a uma velocidade menor, enquanto que o grão do centro da bolsa é o que mais tempo tardou para baixar sua temperatura. As diferentes velocidades de dissipação do calor segundo a zona da bolsa trouxeram consigo diferenças no regime térmico do grão segundo sua localização. À medida que transcorre o tempo se nota menos as diferenças entre as zonas da bolsa. Outro aspecto destacável foi que a bolsa do grão a 12.5% de umidade sempre apresentou temperaturas promédios inferiores ao grão a 16.4% de umidade.
- Não foi observado variação alguma no conteúdo de umidade tanto na bolsa de trigo a 12.5% de umidade com a de a 16.4% de umidade durante todo o período de armazenamento. Tampouco foi observado estratificação de umidade segundo a posição do grão na bolsa.
- Os parâmetros que conformam o padrão de qualidade do trigo não foram afetados pela armazenagem nas bolsas. O peso hectolítrico não teve uma importante diminuição no tempo tanto no grão a 16.4% de umidade como no trigo a 12.5% de umidade. Esta diminuição não causou uma alteração na graduação de trigo. De todos os parâmetros que conformam o padrão do trigo o peso hectolítrico é o mais suscetível a ser afetado pela armazenagem, pelo que se considera que si o peso hectolítrico não se viu afetado, os demais parâmetros de qualidade não deveriam ser afetados pela armazenagem na bolsa.
- Tanto a energia germinativa como o poder germinativo não foram alterados durante os 150 dias de armazenamento do trigo a 12.5% de umidade em nenhuma das posições da bolsa. No trigo a 16.4% de umidade observa-se uma diminuição marcada destes

parâmetros na zona média e inferior da bolsa, enquanto que na zona superior estes parâmetros não são afetados, até o dia 80 dias de armazenagem. Isso sugere que o prolongado tempo que as sementes foram expostas a elevadas temperaturas afetaram a viabilidade das mesmas, e que si se toma a precaução de colocar na bolsa as sementes úmidas com baixas temperaturas, podem-se melhorar as condições de armazenagem.

- O trigo a 12.5% de umidade não sofre nenhum deterioro importante na sua qualidade panificadora, enquanto que o trigo colocado na bolsa a 16.4% de umidade é afetado fundamentalmente na zona média e inferior da bolsa. O período de armazenagem de 150 dias parece ser crítico para a conservação do grão a 12.5% de umidade, enquanto que para o grão a 16.4% de umidade observa-se o deterioro de alguns parâmetros de qualidade panificadora é afetado pela armazenagem. Quando o trigo é armazenado a 16.4% de umidade a qualidade panificadora é afetada pela armazenagem. Isso se deve fundamentalmente a um efeito combinado de elevadas temperaturas e altas umidades.
- A respiração do grão produziu um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e uma diminuição de O<sub>2</sub> no interior das bolsas. A variação da concentração destes gases foi influenciada pelo conteúdo inicial de umidade do grão, apresentando a bolsa de grão a 16.4% de umidade sempre concentrações mais altas de CO<sub>2</sub> e mais baixas de O<sub>2</sub> que a bolsa de grão a 12.5% de umidade. Com o transcurso do tempo de armazenamento observa-se um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e diminuição na de O<sub>2</sub> em ambas as bolsas. Não foi observado diferenças na concentração de gases relacionadas com a posição do grão na bolsa, o que indica que não se produziu estratificação de gases.
- Não se observou a presença de um só inseto vivo em nenhum dos momentos de medição, tanto na bolsa do trigo a 16.4% de umidade como do trigo a 12.5% de umidade. Isso sugeriria que a relação concentração de CO<sub>2</sub> alcançada no interior das bolsas e tempo de exposição à mencionada concentração foram suficientemente tóxicas como para causar 100 % de mortalidade nos insetos.

## Bibliografia

- Alagusumdaram, K., Jayas, D.J., Muir, W.E. White, N.D.G. y Sinha, R.N. 1995. Transaction of the ASAE. Vol.38(3): 895-901.
- Annis, P.C. 1986. Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. Proc.4 th work conf. Stored Product Protection, Tel Aviv, Israel
- ASAE. 1988. Agricultural Engineers Handbook, 35th ed. Am.Soc.Agr.Eng., St. Joseph, MI.
- Bank, H.J. y Annis, P.C. 1980. Conversion of existing grain storage structures for modified atmosphere use. Controlled atmosphere storage of grains. Ed. Shejbal, 461-473. Amsterdam.
- Baran, M., Venglovsky, J., Valovcik, J. Y Jonotikova, I. 1993. Maize storage in controlled CO<sub>2</sub> atmosphere. Polnohospodarstvo (CSFR). Abril 1992 v. 38(4) p. 249-256
- Bartosik, R.E. y Rodríguez J.C. 1999. Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 12.5% de humedad en bolsas plásticas – Sistema silobag. Informe INTA-IPESA.
- Bartosik, R.E., Maier, D.J. y Rodríguez, J.C. 2001. Effects of CO<sub>2</sub> Dosage and Exposure Time on the Mortality of Adult and Immature Stages of *Sitophilus oryzae*. Enviado al congreso de ASAE 2001. Paper N° 01-6110.
- Bogliaccini, A. 2001. Almacenamiento hermético. Revista Granos, Año VI-N°XXVII– junio 2001.
- Brooker, D.B, Bakker-Arkema, F.W, y Hall, C.W. 1992. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. Van Nostrand Reinhold, 115 Fifth Avenue, New York.
- Casini, C. 1996. Ensayo de simulación almacenamiento de trigo en silo-“bag” . Hoja de divulgación INTA Manfredi.
- Moreno, E., Menendez, A. Y Ramirez, J. 1987. Behavior of maize seeds under different storage regimes.
- Turrialba. 1987, 37:3, 267-273, 12 ref.

- Siebenmorgen, T.J., Freer, M.W., Benz, R.C. y Loewer, O.J. 1986. Controlled atmosphere storage system for rice. Paper ASAE. 1986, No. 86-6511, 26pp, 9 ref.
- Yanucci, D. 1996. Evolución del control de plagas de granos almacenados en Argentina. FAO.
- White, N.D.G. y Jayas D.S. 1993. Effectiveness of carbon dioxide in compressed gas or solid formulation for the control of insects and mites in stored wheat and barley. *Phytoprotection* 74:101-111.
- White, N.D.G., Jayas, D.S. y Sinha, R.N. 1990. Carbon dioxide as a control agent for the rusty grain beetle in stored wheat. *J. econ. Entomol.* 83(1):277-288.