



Delegación BUENOS AIRES SUR

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

Informe Final de Girassol

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 estas 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_2) gerando dióxido de carbono (CO_2). A constituição desta nova atmosfera, rica em CO_2 e pobre em O_2 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.

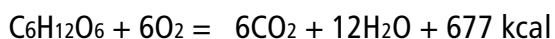
A projeção da expansão da armazenagem em bolsas para os próximos anos pode ser ainda mais importante do que o que já foi experimentado até o momento. Para a colheita 2001/2002 estima-se que serão armazenados em bolsas plásticas entre 2,3 e 2,6 milhões de toneladas e acredita-se que esta tendência deve 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

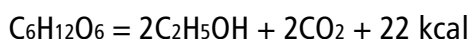
Armazenagem hermética

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_2 é produzida a respiração aeróbica, com a combustão completa dos hidratos de carbono, passando de produtos complexos como amido, a CO_2 , 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_2 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. Se 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 m³ 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_2 e pobre em O_2 , 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 não são 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 a 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 possível 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 deseja-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 alternativas 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 caída nos níveis de O₂ e o aumento de CO₂ no granel confinado em um ambiente hermético. Quanto maior é a atividade do granel mais rápido será o consumo de O₂ e a geração de CO₂. Oxley e Wickenden (1963), citado por Bogliaccini (2001), estudaram o consumo de O₂ e a geração de CO₂ 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 CO₂ foi aumentando até os 20 dias, onde estabilizou-se em 14%, enquanto que o nível de O₂

diminuiu aproximadamente desde 21% a 2%. No caso do trigo infectado com 133 gorgulhos por kg o consumo de O₂ 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 (N₂ ou CO₂) para eliminar o oxigênio e criar um ambiente desfavorável ao desenvolvimento de insetos e fungos. A literatura existente estabelece que concentrações de CO₂ e O₂, 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 separa-se em: atmosferas com baixa concentração de O₂ e atmosfera enriquecidas com CO₂.

Atmosferas com baixa concentração de oxigênio: as maiorias dos trabalhos referem-se a atmosferas com concentrações de O₂ menores a 1%. Estas atmosferas são obtidas agregando N₂, CO₂ 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 O₂ (Annis, 1986).

Atmosfera enriquecida com CO₂: quando a concentração de O₂ 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 CO₂ 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 CO₂, o produto da concentração de CO₂ 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 CO₂, 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 CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ a baixas doses é igualmente efetivo. White e Jayas (1993) conseguiram um controle completo de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) com 29% de CO₂ 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. Se 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 O₂ e CO₂ 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% CO₂). Na armazenagem hermética e em AC não se observou desenvolvimento de fungos em sementes não 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 CO₂ 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 CO₂ 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 Ipesa 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.

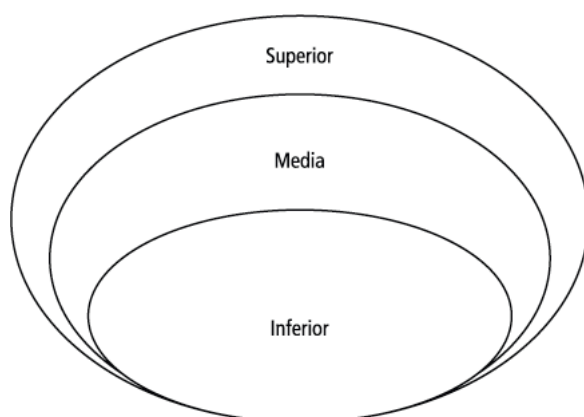


Figura 1. Zonas de amostras segundo a posição do grão na bolsa.



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 CO₂ 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 CO₂ é uniforme ou si se criam zonas de menor concentração e potencialmente perigosas para o desenvolvimento de insetos. A medição de CO₂ foi realizada com um analisador rápido de anidrido carbônico e oxigênio marca Illionois Instruments 3600 (Ingleside, Illinois, USA)



Figura 8. Determinação da concentração de O₂ e CO₂ 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 de girassol começou no dia 08 de março com uma temperatura ambiente moderada ($26,5^{\circ}\text{C}$). No momento da confecção das bolsas a temperatura média do grão, a 8,4% de umidade, foi de $27,8^{\circ}\text{C}$ com uma variação entre $23,8$ e $30,7^{\circ}\text{C}$ (gráfico 1) e o grão embolsado a 16,4% de umidade, apresentou um promédio de temperatura de $34,5^{\circ}\text{C}$, com uma variação de $33,8$ e $35,2^{\circ}\text{C}$ (Gráfico 2). Foi possível observar que o promédio da temperatura do grão que armazenado a 16,4% de umidade, foi consideravelmente mais elevada que a armazenada a um promédio de 8,4% de umidade. Desde o início do ensaio a temperatura descende acompanhando a caída da temperatura ambiente (Gráficos 1 e 2). O promédio da temperatura no meio da bolsa de grão a 16,4% de umidade apresenta um pequeno aumento de $1,6^{\circ}\text{C}$ nos primeiros 7 dias: este incremento é ainda menor ($1,2^{\circ}\text{C}$) para a temperatura da parte inferior da bolsa e ocorre nos primeiros dias. Para o grão armazenado a um promédio 8,4% de umidade, o pequeno incremento ($1,4^{\circ}\text{C}$), somente ocorre na zona inferior da bolsa e dentro dos primeiros 3 dias. Tanto no Gráfico 1 como no Gráfico 2, observa-se que a temperatura ambiente foi caindo desde o início do ensaio de forma suave e paulatina até um mínimo de aproximadamente 3°C no dia 24 de julho, para logo começar a subir suavemente até um pico máximo perto dos 15°C no dia 13 de agosto. Pode observar-se que as temperaturas de girassol a 8,4% de umidade e a 16,4% de umidade para as diferentes posições seguem esta evolução sem levar aos valores mínimos e máximos enunciados. Em ambas as bolsas observa-se que o grão próximo à superfície segue a evolução da temperatura ambiente devido ao intercambio de calor com o ambiente exterior mais frio. Por esse motivo o girassol na superfície da bolsa sempre esteve mais frio que o resto da massa do girassol. A temperatura do girassol próximo ao piso da bolsa também começa a baixar desde o momento de início do ensaio, mas sua queda é mais lenta que o grão da

superfície. O calor do grão da 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, portanto esta queda de temperatura na parte central da bolsa foi mais lento que no resto do granel. A influencia da oscilação diária da temperatura ambiente somente alcança a parte superficial do granel, perdendo-se efeito à medida que se aprofunda na bolsa. A capacidade da bolsa de dissipar o calor do grão foi muito importante. O girassol a 8,4% de umidade diminuiu em promédio, com respeito à temperatura inicial, 10.28, 14.10, e 18.16°C aos 47, 105 e 160 dias de armazenagem respectivamente, enquanto que para o grão armazenado a 16.4% de umidade a diminuição da temperatura durante o mesmo período de tempo foi de 14.11, 18.06 e 22.23°C. A temperatura final do grão, tanto na bolsa de girassol a 8,4% como a 16,4% de umidade, foi o suficientemente baixa como para não apresentar inconvenientes em sua conservação.

Temperatura – Girassol Seco

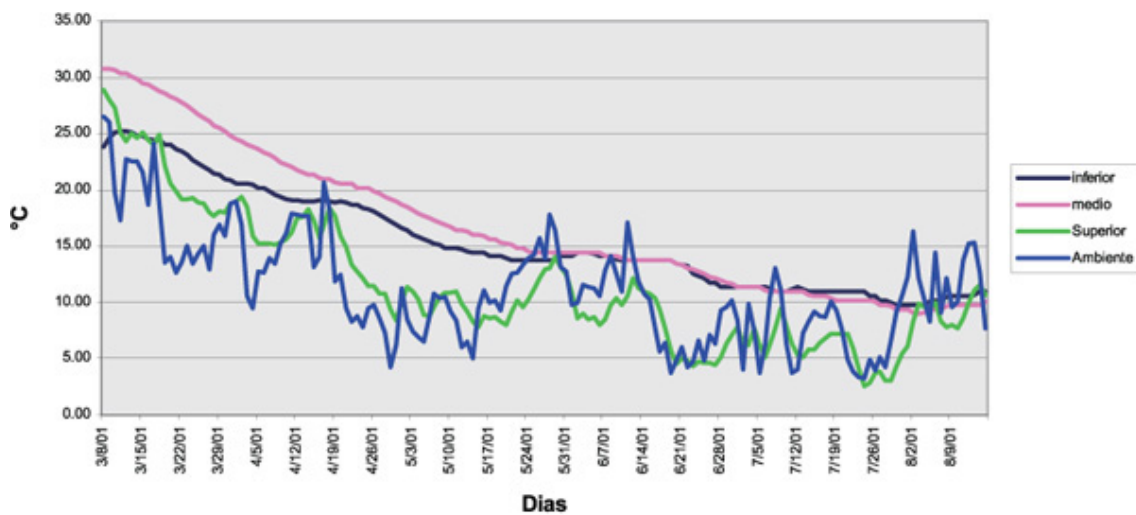


Gráfico 1. Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio nas 24 hs) durante o período de duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de girassol a um promédio de 8,4% de umidade.

Temperatura - Girassol Úmido

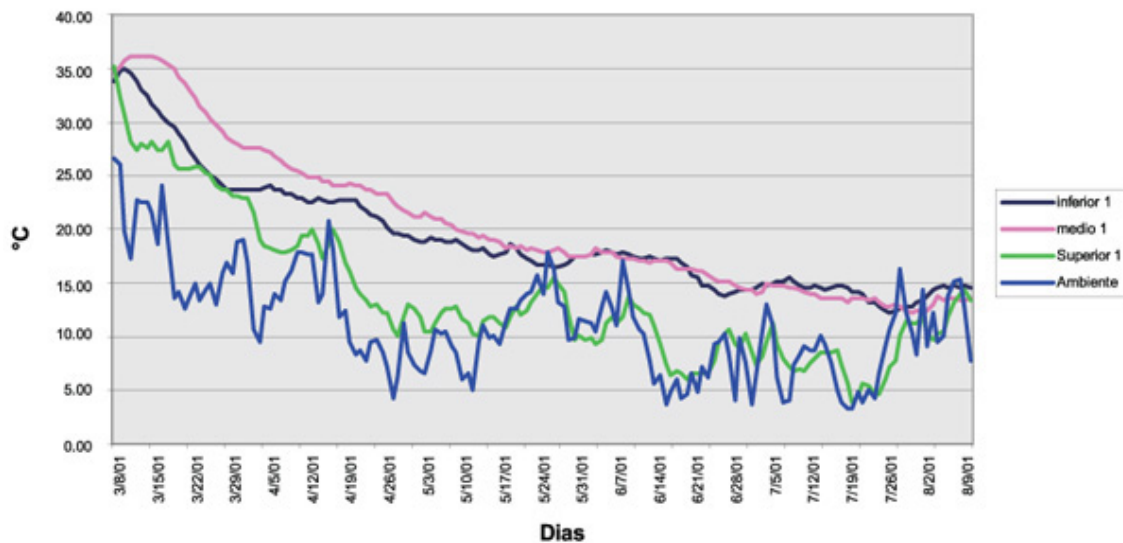


Gráfico 2. Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio de 24hs) durante o período de duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de girassol a um promédio de 16,4% de umidade.

Evolução da umidade do grão

O promédio da umidade inicial do girassol seco foi de 8,4% de umidade. Si bem se pode observar um pequeno aumento do promédio da umidade da bolsa este aumento não é estatisticamente significativo. Na bolsa de girassol úmido, o promédio da umidade foi de 16,4%, e igual que no girassol a 8,4% de umidade a variação da umidade no tempo tampouco é estatisticamente significativa, o qual indica que as bolsas comportaram-se como um sistema verdadeiramente hermético ao passo da água, já que em nenhum caso houve nem perda nem ganância de umidade durante o período de ensaio. Foi observado uma pequena diferença de umidade estatisticamente significativa no tempo, com respeito à parte superior da bolsa (8.25%, 8.59% e 9.47% inferior, médio e superior respectivamente aos 47 dias). Não houve diferenças significativas entre a umidade da parte inferior e do meio da bolsa e sim houve entre estas duas e a parte superior. Aos 105 dias estas diferenças são significativas para os três níveis observados (8.04%, 8.59% e 9.6% de umidade nos três níveis respectivamente) voltando a ser significativa somente a diferença com a capa superior aos 160 dias (8.28%, 8.65% e 9.52% de umidade respectivamente). Dado que a umidade inicial foi obtida de uma amostra composta pela amostra global e não pela localização dentro da bolsa, este resultado não nos permite saber si esta variação si dá por migrações de umidade à zona superior ou si deve-se a uma estratificação aleatória inicial. Si levamos em consideração que não obtiveram diferenças significativas nos promédios de cada nível, a possibilidade de migração seria improvável. No caso do girassol embolsado com um promédio de 16,4% de umidade, observam-se diferenças significativas entre a umidade da capa superior e a capa inferior (47 e 105 dias). Sobre o final do ensaio (160 dias) a diferença se dá entre a capa superior e os outros dois níveis. Pela incipiente condensação na parte superior da bolsa pode-se afirmar que se produziu uma migração de água devido principalmente ao auto conteúdo da porcentagem de umidade do material armazenado.

Evolução da Umidade – Girassol Seco

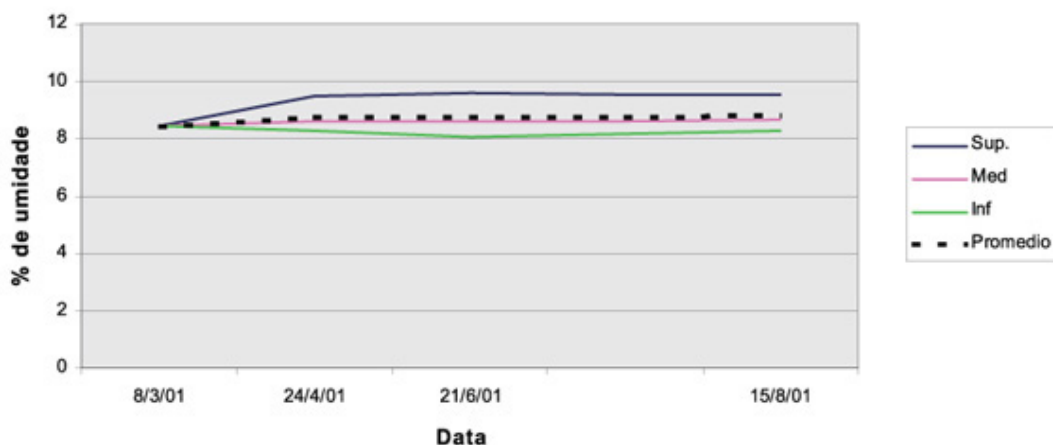


Gráfico 3. Evolução da umidade do grão durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de girassol a 8.4% de umidade.

Evolução da Umidade – Girassol Úmido

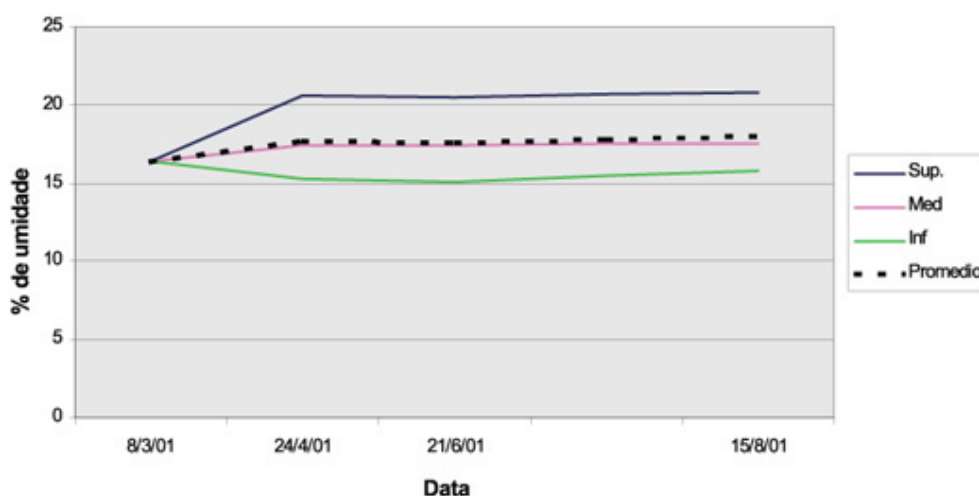


Gráfico 4. Evolução da umidade do grão durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de girassol a 16.4% umidade.

Evolução do conteúdo do Óleo

Quanto ao conteúdo do óleo das amostras obtidas no girassol armazenado com um promédio de 8,4% de umidade não se encontraram diferenças significativas durante o período em que durou o ensaio assim como tampouco foi encontrado entre os níveis inferior, médio e superior em nenhum dos momentos em que estes se realizaram (0.47, 105 e 160 dias, Gráfico 5)

Quando o girassol foi armazenado com uma umidade promédia de 16.4% observou-se uma caída significativa no conteúdo de matéria gordurosa entre os 105 e 160 dias de armazenagem (46.02%, 48.29% e 45.7% aos 47, 105 e 160 dias respectivamente). Isso se explicaria somente com um erro na obtenção das amostras, pois a diferença não é significativa entre os 47 e 160 dias. Quando se analisa a diferença entre as capas superior

e inferior dentro da bolsa não foram encontradas diferenças significativas nas distintas datas de retirada de amostras (Gráfico 6)

Evolução da Matéria Gordurosa – Girassol Seco

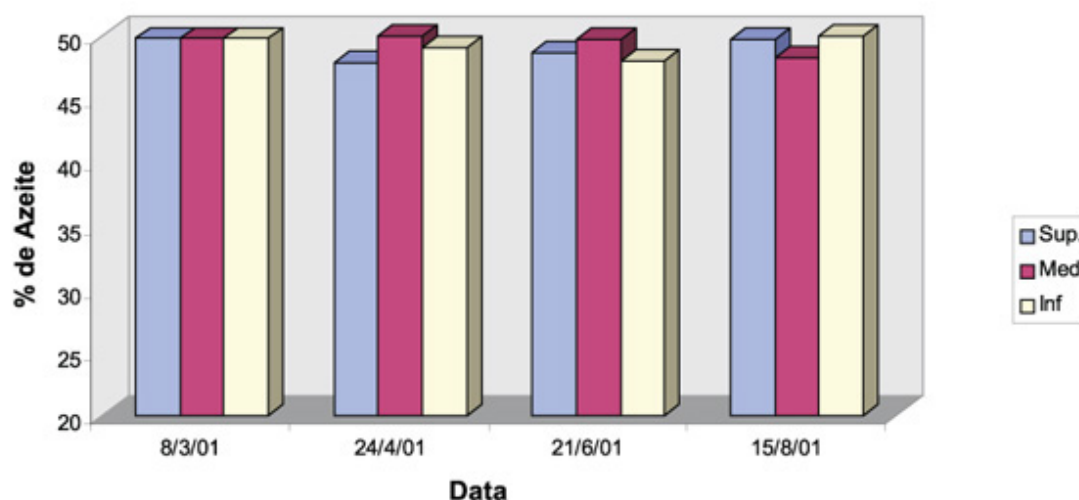


Gráfico 5: Evolução do conteúdo do óleo (em %) no girassol embolsado com um promédio de 8,4% de umidade.

Evolução da Matéria Gordurosa – Girassol Úmido

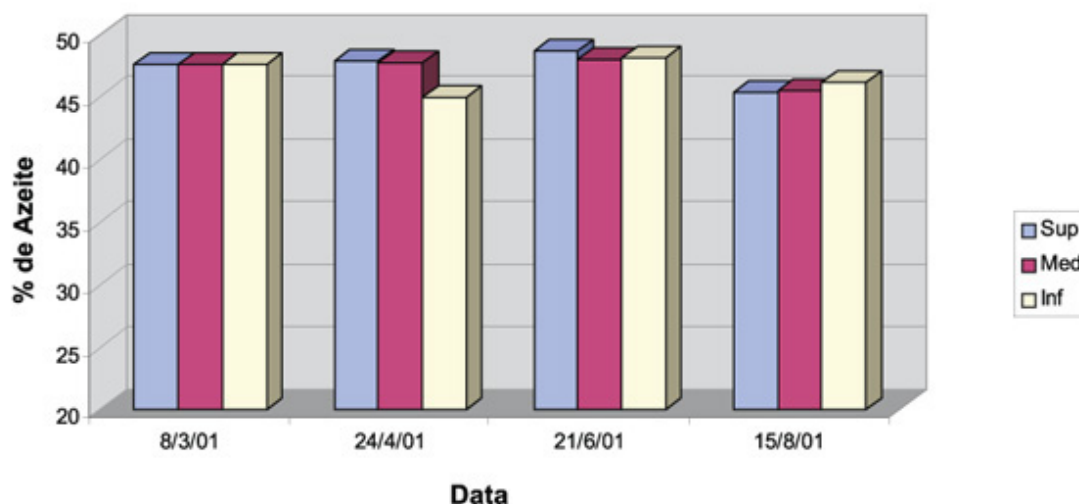


Gráfico 6: Evolução do conteúdo do óleo (em %) no girassol embolsado com um promédio de 16,4% de umidade.

Acidez da Matéria Gordurosa

Observa-se quase no final do ensaio um aumento, estatisticamente significativo, no nível do índice de acidez no girassol armazenado na bolsa com um promédio de 8.4% de umidade (0.88%, 0.41%, 0.46% e 1.39% para os 0.47, 105 e 160 dias respectivamente); sem embargo este aumento do índice de acidez não afeta a qualidade comercial pois encontra-se por debaixo do nível da base de comercialização do girassol (1,5% até o dia 31 de agosto e 2% a partir de 1 de setembro). A diferença encontrada entre os distintos níveis (inferior, médio e superior) do material armazenados não são estatisticamente significativas (Gráfico 7)

Evolução Acidez da Matéria Gordurosa - Girassol Seco

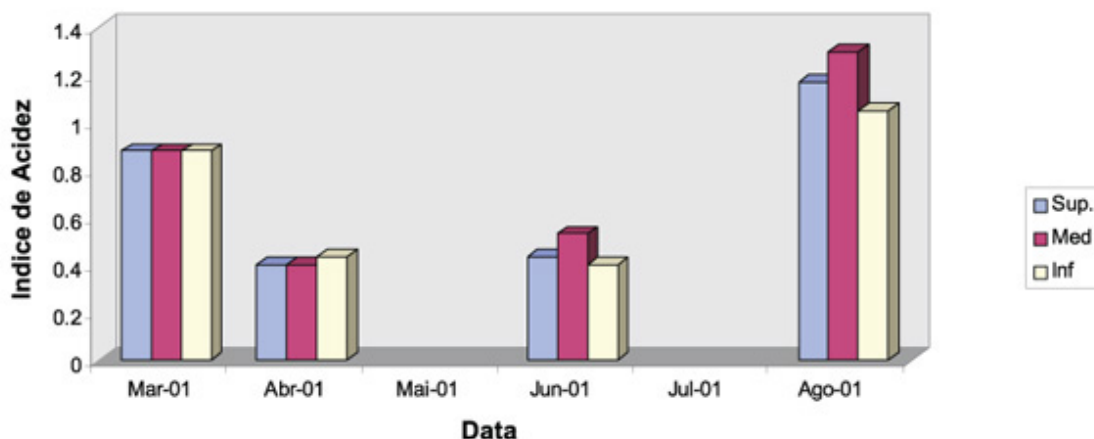


Gráfico 7: Evolução do Índice de matéria gordurosa do girassol embolsado com um promédio de 8,4% de umidade

Quando se armazenou o girassol com um promédio de 16,4% de umidade os níveis de acidez aumentaram significativamente por volta do final do período ensaiado, alcançando-se valores de 0.96%, 0.62%, 0.74% e 3.88% respectivamente para a amostra inicial, 47 dias, 105 dias e 160 dias respectivamente; a medição aos 160 dias é superior ao nível da base de comercialização do girassol. Estes índices obtidos são similares em toda a massa da oleaginosa armazenada na bolsa, não foi observada diferenças significativas entre os níveis superior, médio e inferior com respeito a localização dentro da bolsa (Gráfico 8).

Poder Germinativo e Energia Germinativa

No caso do presente ensaio foi encontrado o inconveniente que os níveis de poder germinativo e energia germinativa achados no girassol armazenado eram de má qualidade na mercadoria prévia ao seu armazenamento. Logo de fazer todo tipo de testes para obter níveis lógicos, vencendo prováveis dormancia ou latência que pudesse apresentar a semente per ser recentemente colhida, não foi possível conseguir resultados satisfatórios de forma tal que este tipo de análises não se seguiu realizando nas amostras sucessivas, pois não seria obtida nenhuma informação valiosa para o presente trabalho.

Evolução Acidez da Matéria Gordurosa - Girassol Úmido

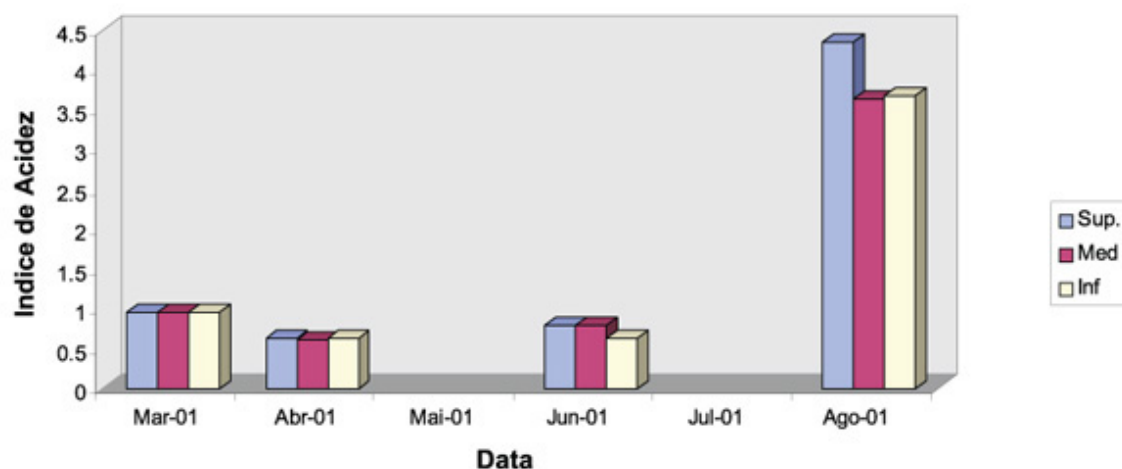


Gráfico 8: Evolução de Acidez da matéria gordurosa do girassol armazenado com um promédio de 16,4% de umidade, durante os 160 dias que durou o ensaio

Evolução de CO₂ e O₂

As medições de gases dentro das bolsas realizaram-se nos dias 11 de abril e 5 de julho respectivamente e os valores estão apresentados nas tabelas 2 e 3

	34 dias		125 dias	
	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Inferior	16.5	5.1	19.5	4.5
Médio	16.5	5.2	18.5	4.5
Superior	16.5	5.2	18.6	4.6
Promédio	16.5	5.13	18.86	4.53

Tabela 2: Porcentagem de CO₂ e O₂ medidos aos 34 e 125 dias na bolsa com girassol a um promédio de 8,4% de umidade

	34 dias		125 dias	
	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Inferior	70.0	5.0	69.5	4.5
Médio	70.5	4.9	70.4	4.6
Superior	70.5	4.9	70.0	4.9
Promédio	70.33	4.93	69.96	4.66

Tabela 3: Porcentagem de CO₂ e O₂ medidos aos 34 e 125 dias na bolsa com girassol a um promédio de 16,4% de umidade.

Como é possível ver-se nas tabelas 2 e 3, os níveis de dióxido de carbono incrementam-se notavelmente, sobre tudo no caso da bolsa com girassol a um promédio de 16,4% de umidade. Em ambos os casos foi observada uma caída similar no nível porcentual de oxigênio. As medições efetuadas não determinaram diferenças de concentração de gases entre os níveis de localização (inferior, médio e superior) dentro da bolsa.

Atividades de insetos

Não foi observada a presença de um solo inseto vivo em nenhum dos momentos de medição, tanto na bolsa de girassol a 8,4% de umidade como na bolsa de 16,4% de umidade. A bibliografia que existe a respeito, cita que com uma relação concentração de CO₂/ tempo de exposição (ct-produto) de 9744%h consegue-se um controle total de insetos (White e Jayas, 1993). Considerando que o grão a 8,4% de umidade, aos 34 dias de armazenagem acumulou uma relação ct.produto de 13464%h (816 hs *16,5%), seria possível atribuir a mortalidade dos insetos à dose de CO₂ recebida. No girassol a 8,4% de umidade outro fator que pode haver incidido na mortalidade dos insetos foi o conteúdo de umidade do grão. O girassol a 8,4% de umidade possui uma umidade relativa de equilíbrio inferior a 70% (umidade do ar intergranário). Existem evidências que umidades relativas baixas podem causar mortalidade de insetos por efeito de desidratação (Bogliaccini, 2001).

No caso do girassol a 16,4% de umidade a dose de ct-produto acumulada aos 34 dias foi de 57528%h (816 hs *70,5%). Este valor seria mais que suficiente para realizar um controle total de insetos.

Além disso, o girassol a 16,4% de umidade possui um conteúdo de umidade relativa de equilíbrio o suficientemente auto como para não afetar a mortalidade dos insetos, pelo qual o controle dos mesmos poderia atribuir-se à combinação de dose de CO₂ recebida e tempo de exposição da mesma.

Determinação de insetos vivos em girassol a 8,4% de umidade												
Momento da Observação												
Posição	Inicial			47 dias			105 dias			160 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 em girassol a 16,4% de umidade												
Momento da Observação												
Posição	Inicial			47 dias			105 dias			160 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 4. Efeito sobre o controle de insetos.

Determinação de insetos vivos dentro do girassol a 8,4% de umidade e 16,4% de umidade

Conclusões

. Igual que no trigo que forma parte do mesmo trabalho, a temperatura do grão nas bolsas segue a evolução da temperatura ambiente conseguindo-se uma baixa da mesma durante o tempo de armazenagem. Dita evolução 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, mas a uma menor velocidade, enquanto que o grão do centro da bolsa é o que mais tempo tarda para baixar sua temperatura. As diferentes velocidades de dissipação do calor segundo a zona da bolsa trouxe junto consigo diferenças no regime térmico do grão segundo sua localização. À medida que passa o tempo se nota menos as diferenças entre as zonas da bolsa. Outro aspecto destacável foi que a bolsa de grão a 8,4% de umidade sempre apresentou temperaturas promédias inferiores ao grão a 16,4% de umidade.

. Não foi observada variação alguma no conteúdo de umidade promédio tanto na bolsa de girassol a 8,4% como na de 16,4% de umidade durante todo o período de armazenamento. Observou-se estratificação de umidade segundo a posição do grão na bolsa nos dois tratamentos.

. Não se observaram migrações de umidade que produziram condensação na parte superior da bolsa armazenada com o promédio de 8,4% de umidade e no caso do girassol armazenado com um promédio de 16,4% de umidade, produziram-se migrações com condensação na parte superior.

. O conteúdo do óleo não sofreu variações nem no tempo nem por níveis de localização dentro da bolsa em nenhum dos tratamentos.

. A acidez da matéria gordurosa em ambos os tratamentos aumenta quase no final do período do ensaio. Este aumento no girassol armazenado com um promédio de 8,4% de umidade não supera os valores da base de comercialização do girassol. Com o grão armazenado com maior umidade (16,4%) o índice supera a base de comercialização na medição dos 160 dias.

. A respiração do grão produziu um aumento na concentração de CO₂ e diminuição de O₂ no interior das bolsas. A variação da concentração dos gases mencionados foi influenciada pelo conteúdo inicial de umidade do grão, apresentando a bolsa de grão a 16,4% de umidade sempre concentrações muito mais altas de CO₂ que a bolsa de grão a 8,4% de umidade. Não foram observadas 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 nenhum inseto vivo em nenhum dos momentos de medição, tanto na bolsa de girassol a 16,4% como a 8,4% de umidade. Isto sugeriria que a concentração de CO₂ alcançada no interior das bolsas e tempo de exposição à dita 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 CO2 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 8,4% de humedad en bolsas plásticas – Sistema silobag. Informe INTA-IPESA.

Bartosik, R.E., Maier, D.J. y Rodríguez, J.C. 2001. Effects of CO2 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.

Junta Nacional de Granos: Normas de Clasificación de Girasol. Resolución N°28503 del 13/2/86.

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.

ANEXO Tabelas

Temperatura do girassol a 16,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	8 de Março	24 de Abril	21 de junho	15 de Agosto
Inferior	33.77	21.7	17.20	14.52
Médio	34.5	23.75	16.40	13.64
Superior	34.5	13.46	6.75	13.39
Promédio	34.49	19.64	13.45	13.85

Temperatura do girassol a 8,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	5 de Junho	24 de Julho	5 de setembro	12 de novembro
Inferior	23.78	18.43	13.32	10.99
Médio	30.71	20.19	13.32	10.04
Superior	28.91	12.16	5.04	10.04
Promédio	27.8	16.93	10.56	10.56

Tabela 5. Temperatura do grão a 16.4% de umidade e a 8,4% de umidade por posição e por momento de medição.

Umidade do girassol a 16,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	8 de Março	24 de Abril	21 de junho	15 de Agosto
Inferior	16.40	15.27	15.07	15.78
Médio	16.40	17.41	17.42	17.55
Superior	16.40	20.62	20.52	20.83
Promédio	16.40	17.77	17.67	18.05

UMidade do girassol a 8,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	5 de Junho	24 de Julho	5 de setembro	12 de novembro
Inferior	8.43	8.25	8.04	8.28
Médio	8.43	8.59	8.59	8.65
Superior	8.43	9.47	9.60	9.52
Promédio	8.43	8.77	8.74	8.82

Tabela 6. Umidade do grão a 16.4% de umidade e a 8,4% de umidade por posição e por momento de medição

Conteúdo de óleo no grão a 16,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	8 de Março	24 de Abril	21 de junho	15 de Agosto
Inferior	47.60	44.90	48.17	46.20
Médio	47.60	47.73	48.00	45.43
Superior	47.60	47.87	48.70	45.33
Promédio	47.60	46.02	48.29	45.65

Conteúdo de óleo no grão a 16,4% de umidade				
Momento da Observação				
Posição	5 de Junho	24 de Julho	5 de setembro	12 de novembro
Inferior	49.75	49.07	47.93	50.0
Médio	49.75	49.97	49.67	48.27
Superior	49.75	47.87	48.63	49.63
Promédio	49.75	48.97	48.58	49.30

Tabela 7. Conteúdo de Óleo do grão a 16.4% de umidade e a 8,4% de umidade por posição e por momento de medição.