



Delegación BUENOS AIRES SUR

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

Informe Final de Milho

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 (O₂) gerando dióxido de carbono (CO₂). A constituição desta nova atmosfera, rica em CO₂ e pobre em O₂ 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.

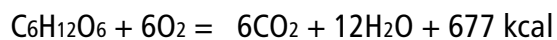
A maior vantagem que os produtores encontram no uso das bolsas plásticas para armazenar grãos secos é que se trata de um sistema econômico e de baixo investimento. O custo de comercialização do grão durante a época de colheita é maior que no resto do ano. Alguns estudos estabelecem que a diferença entre 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 O₂ é produzida a respiração aeróbica, com a combustão completa dos hidratos de carbono, passando de produtos complexos como amido, a CO₂, 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 O₂ 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 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 CO₂ e pobre em O₂, 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 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 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 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 separar-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. 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 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 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 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 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.

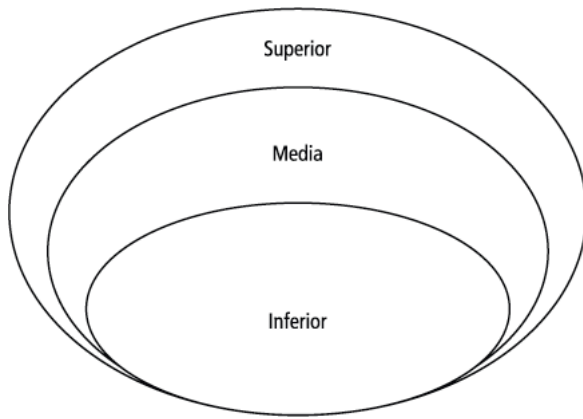


Figura 1. Zonas de amostras segundo a posição do grão na bolsa.



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 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 realizado no milho começou no dia 06 de julho para o grão mais úmido e no dia 23 de agosto para o grão mais seco com temperaturas ambientes baixas. No momento da confecção das bolsas o promédio da temperatura do grão a 19,5% de umidade foi de 11,2 °C e o milho com 14,8% de umidade foi de 14,6 °C, com uma variação entre 14,5 e 14,8°C, para o mais seco e 9,8 e 11,8°C para o mais úmido. No gráfico 1 observa-se que a evolução da temperatura do grão armazenado a um promédio de 14,8% de umidade pode dividir-se em três etapas durante o período do ensaio. Entre o início e a segunda quinzena de setembro a temperatura do grão no centro e na parte inferior da bolsa caiu de aproximadamente, 15°C a 13°C. A partir de esta etapa até o fim de novembro a temperatura aumentou lentamente até chegar aos 15°C e a partir de dezembro e até o final do ensaio (23 de janeiro), a temperatura foi aumentando acompanhando a temperatura ambiente para alcançar os 25°C. Como em outros grãos a temperatura da capa superior acompanha as variações da temperatura ambiente. No caso do milho armazenado a um promédio de 19,5% de umidade, também para a parte média e inferior, numa primeira etapa a temperatura do grão cai de 12°C até 10°C entre o início do ensaio e a primeira quinzena de agosto. Na segunda etapa a temperatura do grão se estabiliza, oscilando a temperatura do milho perto dos 10°C. Finalmente observa-se uma subida paulatina da temperatura do grão, a partir do princípio de outubro, à medida que a temperatura ambiente começa a subir até a culminação do ensaio onde o milho alcança aproximadamente um promédio de 18°C. Em ambas as bolsas observa-se que o grão próximo à superfície acompanha a evolução da temperatura ambiente devido ao intercambio de calor com o ar exterior.

Evolução da Temperatura – Milho Seco

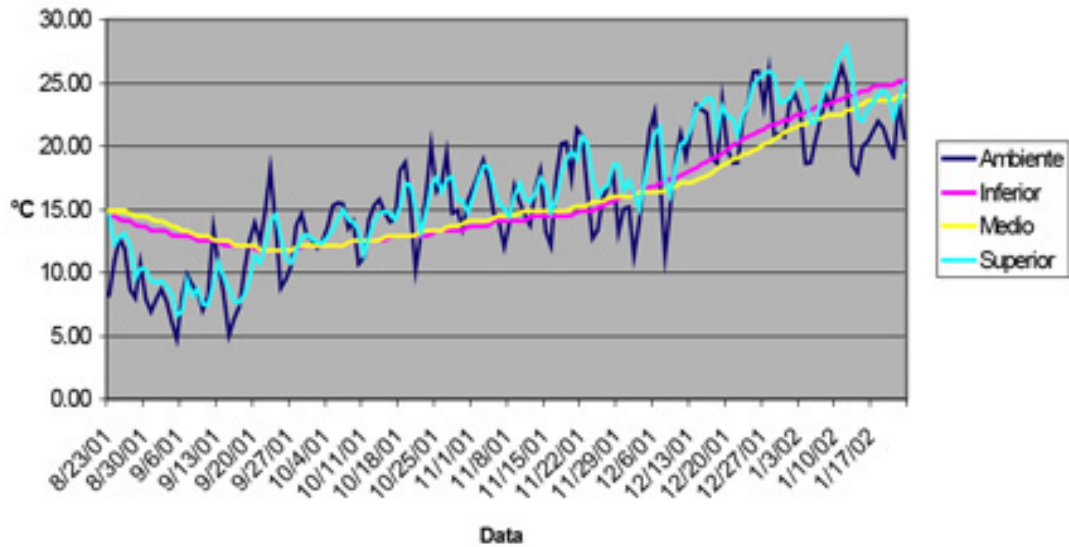


Gráfico 1 – Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio de 24 hs.) durante o período e duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 14,8% de umidade.

Evolução da Temperatura - Milho Úmido

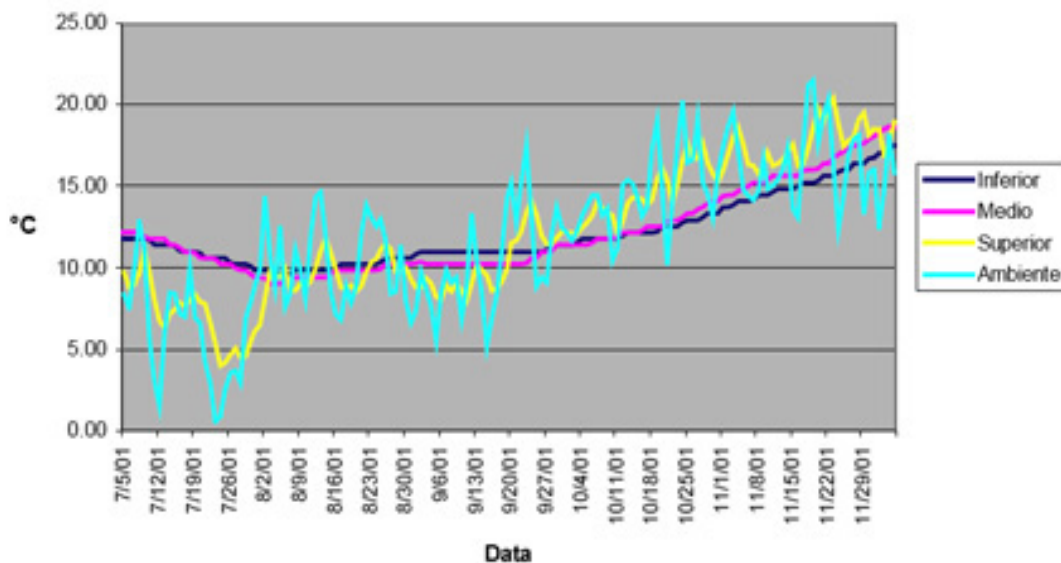


Gráfico 2 – Evolução da temperatura ambiente e do grão (promédio de 24 hs.) durante o período e duração do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 19,5% de umidade.

Evolução da umidade do grão

O promédio da umidade inicial do milho mais seco foi de 14,8%. Si bem foi observada uma queda paulatina no promédio da umidade da bolsa de grão, esta queda não é estatisticamente significativa. Na bolsa de milho com 19,5% de umidade inicial o promédio é igual que no milho com 14,8% de umidade, a variação da mesma no tempo tampouco é estatisticamente significativa, o qual indica que as bolsas comportaram-se

com um sistema verdadeiramente hermético ao passo d'água, já que em nenhum caso houve perda nem ganância de umidade durante o período do ensaio. Não foi observada uma estratificação de umidade estatisticamente significativa no tempo, já que logo de 153 dias de armazenamento a variação de umidade no milho com 14,8% de umidade foi de 0,27% e no milho com 19,5% de umidade foi de 0,26%. Esta situação é altamente favorável, já que a disposição de umidade em uma determinada zona criaria um ambiente desfavorável à conservação dos grãos.

Evolução Umidade – Milho Seco

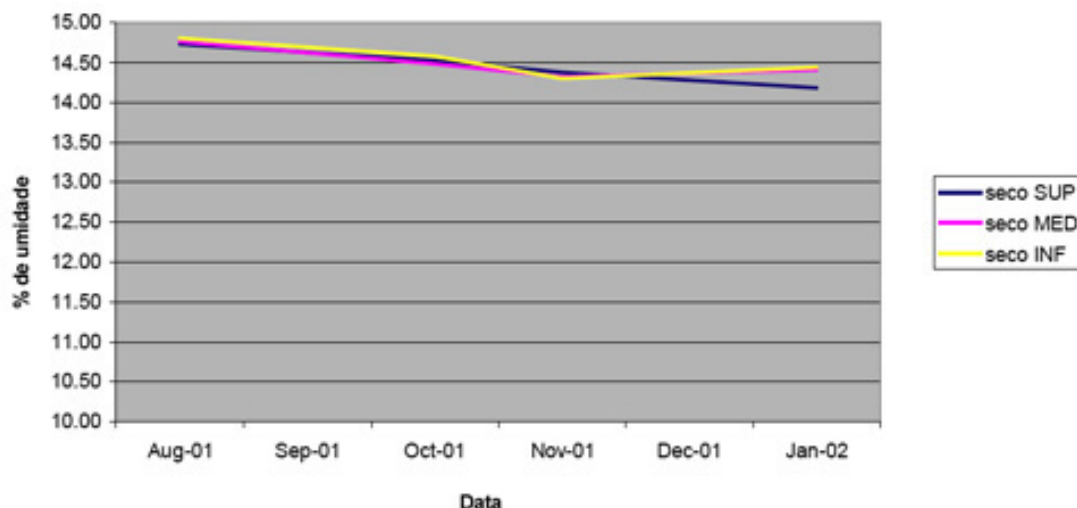


Gráfico 3 – Evolução da umidade do grão durante período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho com 14,8% de umidade inicial.

Evolução Umidade – Milho Úmido

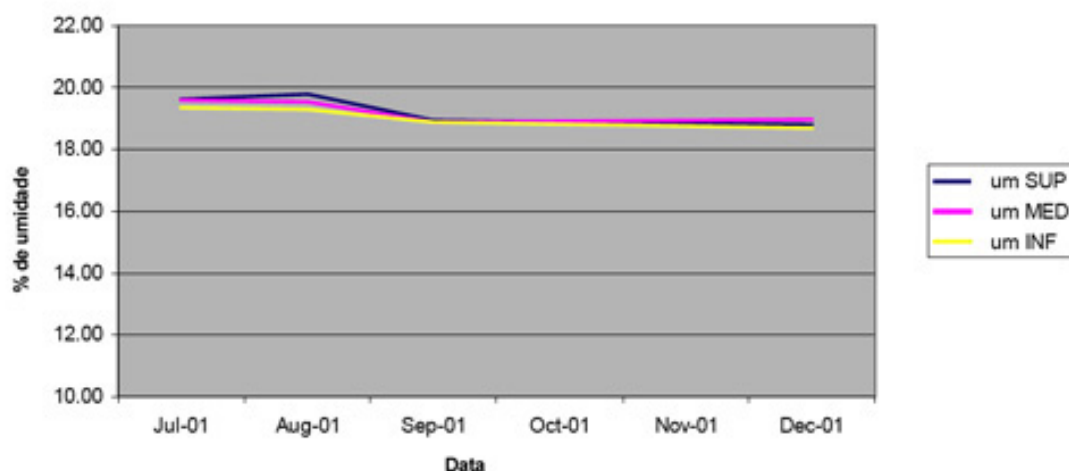


Gráfico 4 – Evolução da umidade do grão durante período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho com 19,5% de umidade inicial.

Evolução do peso hectolítrico

O peso hectolítico dos grãos está influenciado pelo conteúdo de umidade dos mesmos, quanto maior é a quantidade de umidade, menor é o peso hectolítico (Brooker et al, 1992). As diferenças iniciais no peso hectolítico são devidos aos diferentes conteúdos de umidade entre o milho a 19,5% de umidade e o milho a 14,8% de umidade. Ao manter as diferenças do conteúdo de umidade no tempo, o mesmo ocorre com o peso hectolítico, o qual sempre foi mais baixo no milho a 19,5% de umidade que no milho a 14,8% de umidade. A variação do peso hectolítico no tempo para ambas as temperaturas não foram estatisticamente significativas. Não existe nenhuma tendência à variação do peso hectolítico do milho segundo sua localização, seja na parte superior, média ou inferior da bolsa, pelo que podemos ver que a variação do peso hectolítico não foi influenciada pela posição do grão na bolsa.

Peso Hectolítico – Milho Seco

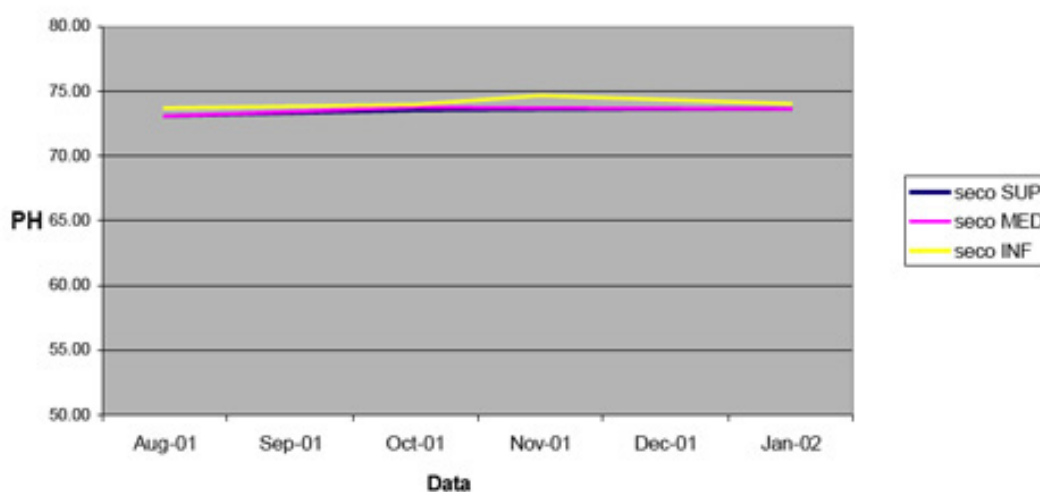


Gráfico 5 – Evolução do peso hectolítico durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 14,8% de umidade

Peso Hectolítico – Milho Úmido

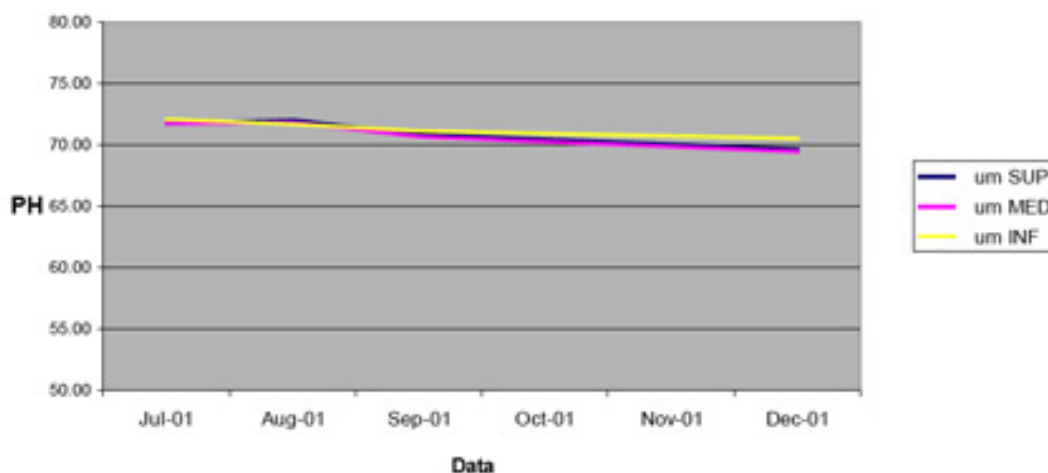


Gráfico 6 – Evolução do peso hectolítrico durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 19,5% de umidade

Evolução do poder germinativo

O conteúdo inicial de umidade teve um efeito estatisticamente significativo no poder germinativo. A bolsa com milho a 19,5% de umidade praticamente manteve seu poder germinativo, diminuindo somente 5,3% em 153 dias, o qual não foi estatisticamente significativo, enquanto que a bolsa de grão armazenado a um promédio de 14,8% de umidade diminuiu seu poder germinativo de maneira importante quase desde o principio mesmo do ensaio, diminuindo num promédio de 16,8% ao finalizar o ensaio. A posição do grão dentro da bolsa não afetou o poder germinativo.

Poder Germinativo – Milho Seco

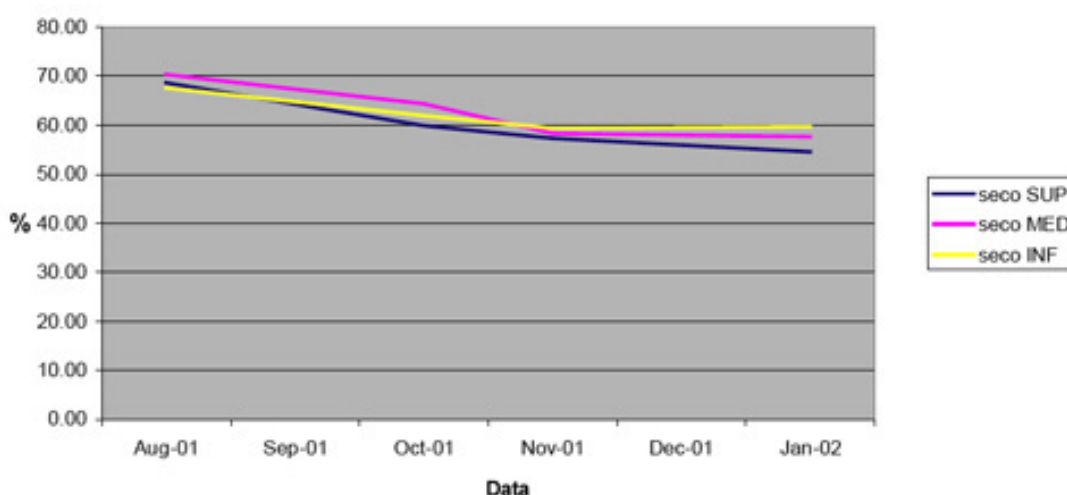


Gráfico 7 – Evolução do poder germinativo durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 14,8% de umidade.

É difícil encontrar uma explicação do porque o milho com menor conteúdo de umidade teve diferenças significativas na perda do poder germinativo e não teve com o milho com maior conteúdo de umidade. A única explicação lógica estaria relacionada com os valores iniciais do poder germinativo em ambos os tratamentos.

Poder Germinativo – Milho Úmido

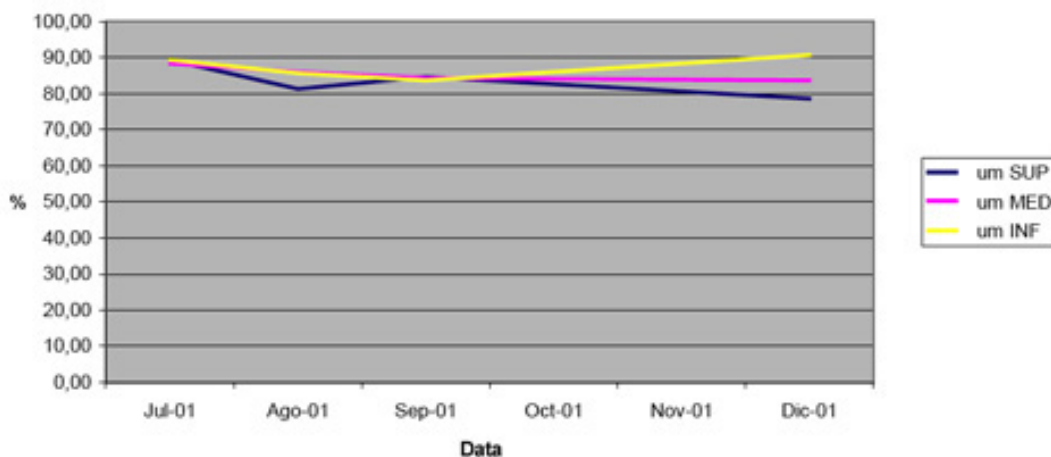


Gráfico 8 – Evolução do poder germinativo durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho a 19,5% de umidade.

Evolução do nível de dano nos grãos de milho

Grãos Danificados - Milho Seco

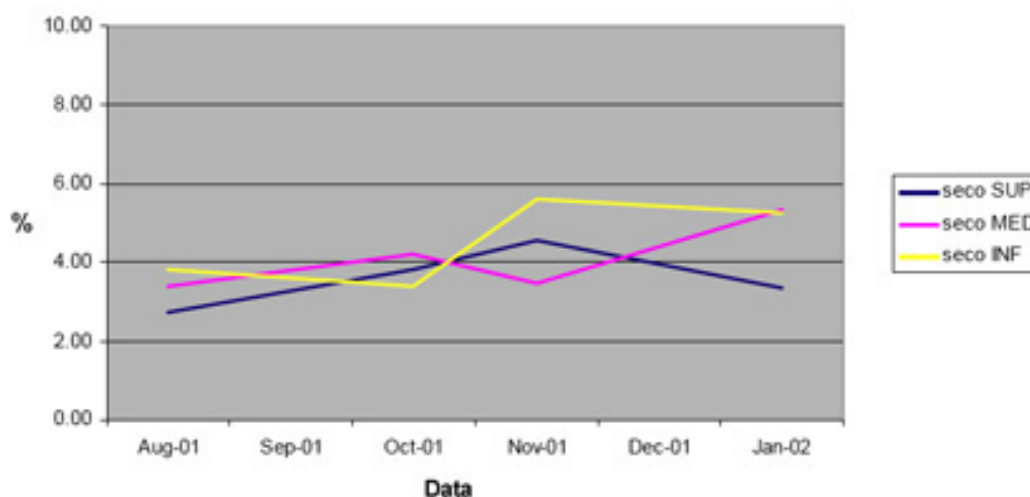


Gráfico 9 – Evolução do nível de dano comercial durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho com 14,8% de umidade.

O nível de dano do grão armazenado a um promédio de 14,8% de umidade foi aumentando muito lentamente durante o período analisado (Gráfico 9), enquanto que no caso do grão armazenado a um promédio de 19,5% de umidade o aumento foi mais marcado (Gráfico 10).

É importante mencionar que o grão tinha desde o início níveis de dano que superavam o tolerado pelos padrões de comercialização de maneira tal que estes aumentos não alteraram a sua qualidade comercial.

Grãos Danificados - Milho Úmido

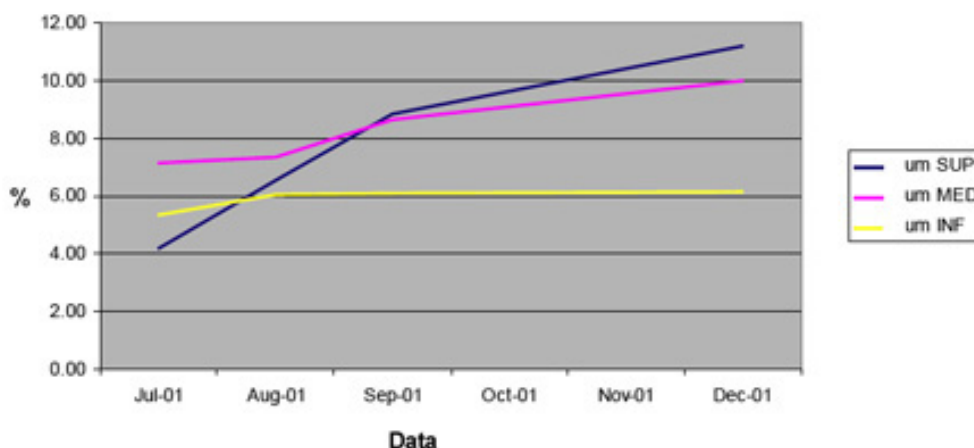


Gráfico 10 – Evolução do nível de dano comercial durante o período do ensaio para as diferentes alturas do grão na bolsa de milho com 19,5% de umidade.

Dentro da bolsa com promédio de 14,8% de umidade (Gráfico 9) não se vê uma clara diferenciação na distribuição do nível de dano nas distintas capas do grão, enquanto que no grão armazenado a um promédio de 19,5% de umidade (Gráfico 10) existe diferenciação entre capas. No estrato inferior o nível de dano varia muito pouco até o final do período analisado, o aumento chega a 15% (de 5,3% a 6,1%). Na capa média o nível de dano vai aumentando, alcançando para o final do período analisado um 40,2% a mais do que o valor inicial (de 7,13% a 10%) e na capa superior este aumento chega a 166% (de 4,2% a 11,2%).

Esta diferença poderia ser devido ao dano mecânico diferencial produzido pela rosca sem fim da maquina de embolsar o qual produziria lesões nas coberturas da semente de milho. Isso estaria confirmado na ausência de estratificações de umidade e na ausência de condensações dentro da bolsa, o que indicaria que o aumento de dano no se deveria nem a um aumento na fermentação, nem ao brotado, ficando somente o aumento de grãos apodrecidos, calcinados ou mofados que seria adjudicado à colonização de microorganismos dos grãos.

Evolução da concentração de CO₂ e O₂ no ar intergranário

A respiração do grão produziu um aumento na concentração de CO₂ e uma diminuição de O₂ no interior das bolsas (Tabela 5). A variação da concentração dos gases mencionados foi influenciada pelo tempo de armazenamento, tanto que não foi observada diferenças nas distintas profundidades dentro da bolsa, o que indica que não se produziu uma estratificação dos gases.

No grão armazenado a 14,8% de umidade a concentração de CO₂ vai aumentando continuamente durante aproximadamente 50 dias estabilizando-se perto dos 18%, enquanto que na bolsa de grãos armazenados a 19,5% de umidade registrou-se um aumento constante durante todo o período analisando alcançando valores similares ao milho mais seco, com concentrações de 18,5%. Esta diferença entre ambas as tendências indicaria que a respiração do grão foi muito mais importante inicialmente no grão armazenado a 14,8% de umidade do que no grão que foi armazenado a 19,5% de umidade. Esta tendência, que pelos antecedentes deveria ser inversa, se explicaria a partir da temperatura mais baixa a que está submetido o grão mais úmido ao momento de ser colocado na bolsa, o que diminuiria a taxa respiratória e quando a temperatura começa a elevar-se os níveis de CO₂ já alcançam valores muito elevados, chegando aos que alcança o grão mais seco. O mesmo desprende da analises da concentração de O₂. No

grão com 19,5% de umidade a concentração de O₂ diminui aproximadamente em 2%. O grão a 14,8% de umidade a diminuição foi similar, porém em menor tempo.

Milho ensacado com 14.8% de umidade média						
	35 dias		52 dias		79 dias	
Posição	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Inferior	8.9	11.54	18.2	2.14	18.2	2.1
Médio	10.0	9.94	18.3	2.17	18.1	2.1
Superior	10.2	9.62	18.1	2.14	18.2	2.1
Promédio	9.7	10.36	18.2	2.15	18.2	2.1

Milho ensacado com 19.5% de umidade média						
	Início		20 dias		84 dias	
Posição	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Inferior	0	19.2	6.2	12.8	18.5	2.7
Médio	0	19.4	6.2	12.8	18.4	2.6
Superior	0	19.1	6.2	12.8	18.6	2.6
Promédio	0	19.2	6.2	12.8	18.5	2.6

Tabela 5 – Evolução da concentração de CO₂ e O₂ Milho armazenado a um promédio de 14,8% e 19,5% de umidade.

Evolução do controle de insetos

Na bolsa de milho com 14,8% de umidade não foi observado insetos vivos em nenhum dos momentos da medição (Tabela 6), já nos grãos armazenados a um promédio de 19,5% de umidade, observaram-se insetos vivos até os 81 dias inclusive. A bibliografia a respeito cita que com uma relação concentração de CO₂ tempo de exposição (tc-produto) de 9744%h foi possível conseguir um controle total de insetos (White e Jayas, 1993). Consideramos que o grão com maior umidade teve menores níveis de CO₂ como consequência de menores taxas de respiração pelas baixas temperaturas (Tabela 5 e Gráfico 2), esta ct-produto crítica se conseguiu aproximadamente no dia 60 posterior ao dia que foi colocado na bolsa, isso explica a presença de insetos vivos nas amostras retiradas no dia 40, porém não no dia 81. Para o caso do milho com menor teor de umidade o ct-produto crítica se alcança perto do dia 40 o que explica a ausência total de insetos vivos na primeira retirada de amostra aos 50 dias posteriores ao dia que o grão foi colocado na bolsa, complementado pela baixa umidade relativa no ar intergânario (Bogliaccini, 2001).

Determinação de insetos vivos na soja a 14.8% de umidade												
Momento da Observação												
	Inicial			50 dias			81 dias			153 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 19.5% de umidade												
Momento da Observação												
	Inicial			40 dias			81 dias			153 dias		
Inferior	10	10	10	8	8	5	1	4	0	0	0	0
Médio	10	10	10	6	10	1	2	4	0	0	0	0
Superior	10	10	10	6	6	3	0	5	0	0	0	0
Promédio	30			0			0			0		

Tabela 6. Efeito sobre o controle de insetos. Determinação de insetos vivos no milho armazenados a 14,8% de umidade e 19,5% de umidade.

Conclusões

- A temperatura do grão nas bolsas segue a evolução da temperatura ambiente. Dita evolução foi influenciada pela posição do grão na bolsa. O grão da parte superior apresenta uma variação similar à temperatura exterior. O grão localizado na parte inferior e no meio da bolsa mantém os valores de temperatura estáveis e por cima da temperatura da parte superior enquanto se mantêm muito baixas as temperaturas do ambiente. No início da primavera as temperaturas equiparam-se e as capas média e inferior apresentam-se muito mais estáveis que as da parte superior. Para o final do período analisado as temperaturas vão subindo pelo efeito da temperatura exterior, observando-se que a temperatura na capa superior é mais alta que nas demais posições.
- Não foi observado variação alguma no conteúdo da umidade tanto na bolsa de milho com 14,8% de umidade como na de 19,5% de umidade durante todo o período de armazenamento. Tampouco foi observado estratificação de umidade segundo a posição do grão na bolsa
- No grão armazenado com 14,8% de umidade o peso hectolítrico não teve uma variação no tempo. Observou-se diminuição de dito parâmetro no milho com 19,5% de umidade na última retirada de amostra.
- O poder germinativo não foi alterado durante os 153 dias de armazenamento do milho com 19,5% de umidade em nenhuma das posições da bolsa. No milho armazenado a um promédio de 14,8% de umidade observa-se uma diminuição do poder germinativo desde o princípio do período de armazenamento.
- O milho armazenado a um promédio de 14,8% de umidade não apresenta alterações nos níveis de dano durante o período avaliado. No grão armazenado a um promédio de

19,5% de umidade o nível de dano não teve variação na zona inferior e sim na zona média e superior da bolsa

▪ A respiração do grão produziu um aumento na concentração de CO₂ e diminuição de O₂ no interior das bolsas. A variação da concentração de ditos gases foi influenciada pelo conteúdo inicial da umidade do grão e a temperatura do mesmo. A concentração de CO₂ e de O₂ em ambas as bolsas no final do período analisado teve valores similares. Não se observou 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 presença de nenhum inseto vivo em nenhum dos momentos da medição na bolsa do milho com 14,8% de umidade. Na bolsa com milho armazenado a um promedio de 19,5% de umidade, os insetos morreram aos 80 dias do armazenamento. Isso sugeriria que a relação 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 no final do ensaio.

Bibliografía

Alagumdam, 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 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 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.

Iribarren Carlos A. 1983. Determinación de la calidad de los cereales y oleaginosas.

Cooperadora

“Amigos de las Escuelas de recibidores de Granos”

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.