

TASK 02 – DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO

**Controle de Temperatura e Umidade em Silos Verticais de
Soja**

SUSTENTATECH | 1ADS – A

Setembro/2025



Integrantes do Grupo:

André Santos - 01252023

Davi Vital - 01252033

Gabriel Muniz - 01252022

Gabriel Pereira - 01252038

Kauan Batista - 01252066

Nicholas Paiva – 01252113

Contexto

O Brasil é amplamente reconhecido como uma potência agrícola global, sendo o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de grãos de soja do mundo, representando cerca de 5.9% do PIB brasileiro. Ademais, a exportação é focada em grãos e derivados como farelo e óleo, e o nosso país utiliza majoritariamente o grão para consumo interno.



Porém, esse cenário não é tão favorável quando o assunto é a pós-colheita. Preservar a qualidade dos grãos de soja durante o período de armazenamento em silos é importante para reduzir as perdas e beneficiar a comercialização com preços melhores no mercado.

O grão de soja tende a trocar umidade com o ar ao seu redor, em função da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento. Caso os níveis de temperatura e umidade não forem monitorados periodicamente, contribuirá para a queda da qualidade do grão por favorecer o desenvolvimento de fungos.

Dados fornecidos pela EMBRAPA indicam que é importante manter os níveis de umidade abaixo de 13% e temperatura abaixo de 15 °C para retardar o desenvolvimento de fungos de armazenamento.

Tabela 1. Condições de umidade do grão e temperatura que favorecem o desenvolvimento de fungos de armazenamento.

Grau de Umidade (%)	Desenvolvimento Fúngico	Temperatura °C	Desenvolvimento Fúngico
<13	Lento	<15	Lento
13 – 16	Rápido	20 – 30	Médio
>16	Explosivo	40 – 55	Máximo

Fonte: Borges (2015).

Os principais fenômenos que causam a deterioração são:

- **Bolsas de Calor:** Uma "bolsa de calor" é uma zona localizada dentro da massa de grãos onde a temperatura sobe de forma anormal se elevando para níveis entre 20 °C e 35 °C. Ela surge quando o calor gerado pela respiração dos próprios grãos e pela atividade de insetos e fungos não consegue se dissipar, ficando aprisionados, o centro do silo é o principal ponto de acúmulo de calor e o ponto mais isolado, longe das paredes que trocam calor com o ambiente externo. Como os grãos são um excelente isolante térmico, todo o calor gerado nessa região fica retido, acumulando-se e formando uma grande bolsa de calor, o perigo também começa em pontos cegos, como pelo acúmulo de pó na superfície que abafa a ventilação dos sistemas de aeração ou por pequenas infiltrações nas paredes, iniciando o mesmo ciclo de deterioração sem que ninguém perceba.
- **Condensação:** A condensação está associada a este fenômeno que ocorre quando a temperatura externa cai por fenômenos naturais, resfriando as paredes do silo, o ar interno úmido entra em contato com a superfície fria, gerando gotas de água que caem sobre os grãos.



- **Excesso de Umidade:** A condensação eleva a umidade dos grãos para acima do limite de segurança de 13%, manter a umidade abaixo desse valor é crucial, pois níveis elevados contribuem diretamente para a deterioração dos grãos por contribuir com a atividade de fungos e insetos. A necessidade de controlar a deterioração de grãos é um desafio global: segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), estima-se que 25% das colheitas mundiais são afetadas anualmente por fungos.

A combinação desses fatores resulta em consequências severas, que podem ser agrupadas em três categorias principais:

Deterioração e Perda de Qualidade dos Grãos:

- **Germinação:** A umidade elevada pode fazer com que os grãos comecem a germinar, que é o processo em que o grão de soja começa a se desenvolver como se tivesse sido plantado, ou seja, ele começa a brotar, esse processo consome as reservas energéticas do grão para se desenvolver, causando uma perda direta de matéria seca, que é o que define o peso vendido. Uma perda de 1% a 2% no peso de um silo por germinação pode representar dezenas de toneladas de prejuízo.
- **Alteração Química:** Acontece a degradação de amido e proteínas, alterando a composição química dos grãos e reduzindo sua massa, além disso, a quebra das moléculas de gordura eleva o "índice de acidez" do óleo, um indicador

chave de qualidade. Um índice de acidez elevado pode desclassificar o óleo para consumo humano ou exigir processos de refino muito mais caros.

Contaminação Biológica:

- **Fungos e Mofo:** As condições de umidade e calor favorecem o desenvolvimento de fungos e o surgimento de mofo por conta da temperatura e umidade altas. A velocidade de contaminação é um fator crítico, que devido a sua **velocidade explosiva**, o tempo para agir antes que o dano seja irreversível é mínimo. Fora das **condições ideais**, definidas com temperaturas entre 20 °C e 35 °C e umidade acima de 13%, os fungos podem se multiplicar e formar uma colônia visível em menos de 72 horas, mostrando a rapidez com que um lote inteiro pode ser comprometido.
- **Micotoxinas:** Alguns fungos podem produzir micotoxinas, que são substâncias tóxicas e perigosas para o consumo, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), ligada à OMS, classifica a Aflatoxina B1, uma das micotoxinas mais comuns, como um carcinógeno de Grupo 1.
- **Proliferação de Insetos:** O ambiente se torna ideal para insetos por conta da temperatura e umidade altas, insetos esses como as traças, que consomem os grãos e comprometem a qualidade do lote. Estudos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), detalham como pragas como gorgulhos e traças não apenas consomem os grãos, mas também criam um ciclo vicioso ao aumentar a temperatura e a umidade local, isso acontece porque a respiração e a atividade metabólica de uma grande colônia de insetos liberam calor e vapor de água diretamente na massa de grãos, o que acelera a contaminação por fungos.

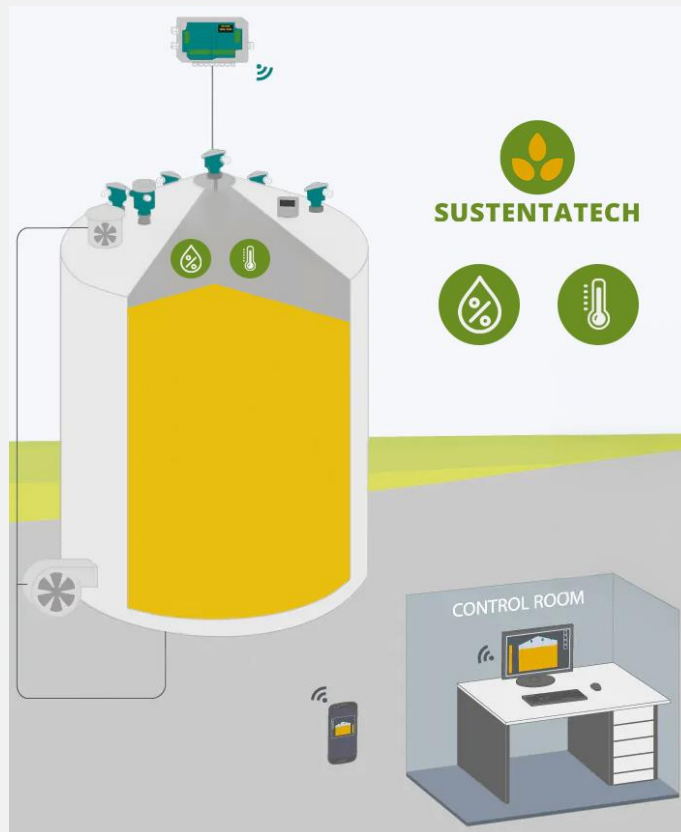
Prejuízos Comerciais e Financeiros:

- **Inviabilidade para Venda:** Grãos deteriorados não são considerados seguros para comercialização ou consumo, tornando-os impróprios para o mercado, no Brasil, o Ministério da Agricultura (MAPA) estabelece um limite de 8% de "grãos com defeitos" para o tipo padrão de soja. Lotes que ultrapassam esse percentual sofrem pesados descontos ou são rejeitados, especialmente para exportação.

- **Custos Adicionais:** Pode haver a necessidade de aplicar tratamentos caros, como fungicidas e pesticidas, ou até mesmo descartar lotes inteiros.
- **Perdas Financeiras:** A impossibilidade de vender os grãos deteriorados, somada à perda de parte do volume armazenado, resulta em prejuízos financeiros significativos. Segundo a Nivitech, uma empresa que oferece soluções de alta performance para medição e monitoramento, quando ocorre a condensação dentro dos silos, a tendência é perder cerca de 10% do armazenamento pela deterioração dos grãos. Isso quando levado em consideração um silo médio abastecido com capacidade de 3.000 toneladas, 10% desses grãos seriam perdidos.

Objetivo

O objetivo do projeto é desenvolver e implementar uma solução completa de monitoramento, em tempo real, para silos verticais de soja, com a finalidade de reduzir em até 10% as perdas ocasionadas pelo mau gerenciamento da temperatura e da umidade no interior dos silos verticais, reduzindo as consequências da condensação que levam à deterioração dos grãos, já nos primeiros três meses de operação. Disponibilizar uma plataforma web para visualização de dados, alertas e armazenamento histórico por até 6 meses.



Justificativa

A implementação do nosso sistema de monitoramento se justifica pelo alto retorno financeiro e operacional que proporciona ao cliente, a perda de grãos na fase de armazenagem que pode chegar em até 10% em silos verticais devido a condensação, formação de fungos e proliferação de insetos, representa um grande desafio para o armazenamento da soja, nossa solução proposta ataca diretamente este problema, evitando a deterioração e garantindo a qualidade do produto.

- **Reduzir Perdas:** Diminuir em até 10% a perda de grãos de soja.
- **Preservar a Qualidade:** Garantir que as condições de armazenagem permaneçam dentro dos níveis ideais.
- **Emissão de alertas:** Emitir alertas automatizados quando os parâmetros críticos forem ultrapassados.
- **Otimizar a Gestão Operacional:** Disponibilizar uma interface web com visualização.

Além de diminuir perdas, a solução agrega um valor estratégico ao permitir o armazenamento seguro da soja. Isso possibilita a venda da safra em períodos de entressafra, aproveitando preços de mercado mais favoráveis por exemplo, em um silo de 6 mil sacas, a diferença de R\$5,00 por saca entre julho (R\$134,59) e agosto (R\$139,59) de 2025, gera R\$10.000,00 adicionais, transformando o monitoramento em um investimento de alto impacto.

Escopo

Descrição Resumida do Projeto:

Desenvolver e implementar uma solução monitoramento dos níveis de temperatura e umidade, com uso de sensores, especificamente em silos verticais, com o foco de detecção e alerta, tendo a finalidade de reduzir em até 10% as perdas ocasionadas pela condensação, durante o período de armazenamento dos grãos de soja, nos primeiros três meses de operação.

Resultados Esperados:

- **Solução de Hardware:** Sensores de temperatura e umidade instalados e configurados nos silos.
- **Plataforma Web:** Uma aplicação online e funcional, contendo:
 1. Um site institucional para a divulgação da solução.
 2. Páginas para cadastro e login seguro de clientes.
 3. Uma dashboard para a visualização dos dados captados pelos sensores.
- **Banco de Dados:** Uma infraestrutura para o armazenamento seguro do histórico de medições.
- **Serviços de Implementação:** A entrega completa do projeto, incluindo os testes funcionais do sistema e o treinamento dos usuários finais.

Requisitos Funcionais

- **Gerenciamento de Silos:** O sistema deve permitir o cadastro de múltiplos silos por cliente (Essencial).
- **Dashboard de Monitoramento:** O sistema deve exibir os dados dos sensores frequência (Essencial).

- **Acesso Seguro:** O sistema deve permitir o acesso individual de usuários através de login e senha (Essencial).
- **Alerta de Condições Críticas:** O sistema deve emitir alertas automatizados na plataforma quando os parâmetros de temperatura ou umidade ultrapassarem os limites ideais (Importante).
- **Histórico de Medições:** A plataforma deve armazenar e permitir a consulta do histórico de medições dos sensores por um período de 6 meses (Importante).

Requisitos Não Funcionais

- **Disponibilidade:** O sistema de monitoramento online deve operar de forma estável e contínua (Essencial).
- **Usabilidade:** A interface da dashboard deve ser intuitiva, permitindo a fácil identificação de estados críticos (Importante).
- **Segurança:** O acesso aos dados deve ser restrito a usuários autenticados (Essencial).
- **Desempenho:** Os dados exibidos na dashboard devem ser atualizados em tempo real (Importante).

Limites e Exclusões do Projeto:

Para evitar mal-entendidos, é importante definir claramente as fronteiras do projeto:

O que está incluído: Apenas o monitoramento de grãos de soja em silos verticais, com a entrega da solução de hardware e software descrita.

O que está excluído: O monitoramento de outros tipos de grãos ou a aplicação da solução em silos horizontais ou outros modelos de armazenagem. Ações físicas de manejo do silo (como aeração) não fazem parte do nosso escopo da solução.

Premissas

- O cliente possuir uma fonte de energia bivolt (110v/220v) acessível no local de instalação.
- O cliente dispõe de um sinal de internet (Wi-Fi 2.4GHz) estável para a transmissão dos dados.
- Os silos estarão abastecidos com soja para a aplicação dos sensores.
- Haverá uma equipe do cliente disponível para a realização de eventuais serviços de reparação.

- O cliente possuir um desktop ou computador para acessar a plataforma e os dados fornecidos.

Restrições

O projeto será executado sob as seguintes limitações conhecidas:

- **Público-alvo:** A solução será comercializada exclusivamente para cooperativas que armazenam soja em silos verticais.
- **Orçamento:** O projeto deve ser executado dentro de um orçamento pré-definido (Ex: R\$ 50.000,00).
- **Prazo:** A entrega final do projeto deve ocorrer em um prazo máximo de 4 meses.