

JULHO 2026

RELATÓRIO MACROENTREGA 3

PROJETO: **IAGRO**

SISTEMA INTEGRADO E INTELIGENTE DE
GESTÃO DE MISTURAS DE CALDAS E DE
ESTOQUE DE INSUMOS AGRÍCOLAS



INSTITUTO FEDERAL
Triângulo Mineiro



SOLUÇÕES
AGROALIMENTARES

PROJETO: IAGRO - Sistema Integrado e Inteligente de Gestão de Misturas de Caldas e de Estoque de Insumos Agrícolas

Empresa Parceira: SORIANO GESTÃO E PROJETOS LTDA.

Financiamento: Embrapii

Coordenador: Mauro Borges França

Período: 15/07/2025 a 31/07/2026

EQUIPE TÉCNICA

Mauro Borges França
Pesquisador Lider do Projeto
Engenharia de Software

Lidia Bononi Paiva Tomaz
Pesquisador de Software
Engenharia de Software

Breno Alves Moreira
Pesquisador Programação

Gustavo Martins Diogo
Pesquisador Automação

Artur Campos Miranda
Bolsista Graduação

Bruno Hiago Xavier
Bolsista Graduação

Luan Flor Gustavo
Bolsista Graduação

Patrick Machado Cardoso
Bolsista Graduação

EMPRESAS PARCEIRAS

Rafael Soriano
Soriano Gestão e Projetos Ltda.

Rodolfo Cezar de Oliveira
Francisco Luiz Gallo
João Augusto Ancheschi Filho
Usina da Pedra

EQUIPE POLO

Fernanda Barbosa Borges Jardim
Diretora Geral do Polo de Inovação/
Unidade Embrapii

Hamilton César de Oliveira Charlo
Coordenação de Projetos e Portifólio

Geovana Dagrava
Coordenação de Formação de
Recursos Humanos

Andréa Bernadelli Garcia
Coordenação de Gestão
Administrativa e Financeira

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	5
2 - OBJETIVOS DA MACROENTREGA.....	6
2.1. Objetivo Geral da MacroEntrega 3.....	6
3 – ARQUITETURA, INOVAÇÃO E EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA IAGRO.....	7
3.1. Arquitetura da Solução IAGRO	7
3.2. Inovação da Solução IAGRO.....	8
3.3 – Evolução da Solução ao Longo das Macroentregas.....	10
4 - DETALHAMENTO TÉCNICO DAS ATIVIDADES DA MACROENTREGA 3	11
4.1 - Épico - E21 Dashboard Operacional.....	11
4.2 - E22 Dashboard Gerencial	13
4.3 - E23 Relatórios Gerenciais	15
4.4 – Atualização e estabilização do ambiente de produção	20
4.5 – Ajustes e consolidação dos relatórios gerenciais.....	20
4.6 – Refinamento dos filtros e da experiência de utilização	20
4.7 – Ajustes finais no sistema supervisorio	21
4.8 – Produção dos tutoriais em vídeo	21
4.9 – Testes automatizados e validação das funcionalidades.....	21
4.10 – Checklist final de validação e entrega.....	22
4.11 – Portal de entrega e documentação do projeto	22
5 - INDICADORES DE MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL)	23
6 – EVIDÊNCIAS E REGISTROS DE REUNIÕES.....	24
6.1 – Reuniões de alinhamento técnico e acompanhamento do desenvolvimento	24
6.2 – Reuniões de validação funcional e alinhamento com os parceiros	24
7 - CONCLUSÃO.....	25
8. TRABALHOS FUTUROS	26
8.1 Continuidade da Integração com o PIMS	27
8.2 Evolução e Consolidação dos Dashboards.....	27
8.3 Estudos e Definições para Técnicas de Rastreamento	27
8.4 Definição de Requisitos para Relatórios Gerenciais.....	27
8.5 Aprimoramento do Supervisorio e Integração com o Smart Calda	27

8.6 Integração Avançada entre Receita, Rastreamento e Equipamento.....	28
8.7 Sustentação e continuidade operacional	28
9. AGRADECIMENTOS	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura integrada da solução IAGRO.	8
Figura 2 - Elementos de inovação e geração de valor da solução IAGRO.	9
Figura 3 - Comparativo da arquitetura dos módulos da macroentrega 1,2 e 3	10
Figura 4 - Acompanhamento operacional das receitas e Ordens de Serviço em andamento.	12
Figura 5 - Monitoramento dos níveis de carregamento dos bulks e silos do SmartCalda.	13
Figura 6 - Indicadores consolidados do Dashboard Estratégico do IAGRO.	14
Figura 7 – Indicadores por fazenda, consumo de insumos e alertas gerenciais.	15
Figura 8 – Relatório consolidado do Estoque Primário por classe de insumo.	16
Figura 9 – Relatório de Estoque Remanescente por equipamento e sala de fracionamento.	17
Figura 10 – Relatório de rastreabilidade das movimentações realizadas por lote.	17
Figura 11 – Relatório de perdas de insumos por lote e tipo de ocorrência.	18
Figura 12 – Relatório consolidado das aplicações realizadas por fazenda.	19
Figura 13 – Detalhamento das aplicações, insumos e lotes utilizados por fazenda	19
Figura 14 – Portal de entrega e centralização da documentação do Projeto IAGRO.	23
Figura 15 - – Mosaico de registros das reuniões técnicas e de acompanhamento do desenvolvimento da Macroentrega 3.....	24
Figura 16 – Mosaico de registros das reuniões de validação funcional e alinhamento com os parceiros.....	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro apresentando a maturidade do projeto - TRL.....	23
---	----

1 - INTRODUÇÃO

Em continuidade aos desdobramentos apresentados na MacroEntrega 2, foram estabelecidos um conjunto de trabalhos futuros estratégicos, voltados principalmente à consolidação da integração entre sistemas, evolução das camadas gerenciais e avanço na rastreabilidade operacional do IAGRO.

No que se refere à integração com o sistema PIMS, embora toda a documentação técnica da API tenha sido devidamente estruturada e encaminhada aos responsáveis, não foi possível avançar com a validação e implementação dessa integração. Apesar de tentativas formais de contato e reforço por parte da coordenação do projeto e do patrocinador, não houve retorno efetivo da equipe de TI da usina parceira, mantendo essa frente como uma dependência externa ainda não resolvida.

Por outro lado, houve avanços significativos na evolução e consolidação dos dashboards operacionais e gerenciais, os quais foram refinados, validados e implementados, atendendo às necessidades de visualização e apoio à tomada de decisão.

No contexto da rastreabilidade operacional, especificamente no que tange ao uso de tecnologias como GPS e correlação entre deslocamento e execução de receitas, não foi possível evoluir conforme planejado, permanecendo condicionado às mesmas limitações de integração e definição junto aos stakeholders externos.

Em relação aos relatórios gerenciais, houve progresso relevante, sendo possível estruturar e desenvolver os relatórios estratégicos previstos, com exceção dos componentes diretamente dependentes de rastreamento em tempo real.

Destaca-se ainda a evolução no módulo de supervisor e na integração com o equipamento SmartCalda, com melhorias significativas nas rotinas de comunicação e preparação para testes operacionais. Contudo, durante os testes em campo, foram identificadas limitações associadas à versão do código do CLP, o que impactou parcialmente a validação completa da integração, evidenciando a necessidade de ajustes por parte da empresa responsável pelo equipamento.

Por fim, no que se refere à integração sistêmica entre receita, execução operacional, estoque e geração de dados para BI, foram obtidos avanços importantes na estruturação e funcionamento desses fluxos. Ainda assim, a ausência de uma camada robusta de rastreamento limita, neste momento, a obtenção de uma rastreabilidade completa ponta a ponta.

Como parte das ações de encerramento da Macroentrega 3, foi desenvolvido um Portal de Entrega para centralizar a documentação técnica e gerencial do Projeto IAGRO, reunindo macroentregas, backlog, arquitetura, tutoriais, relatórios, registros de reuniões, ambientes, integrações, plano de sustentação, pendências e riscos. Nesse contexto, esta etapa foi

direcionada à consolidação das funcionalidades implementadas, correção de inconsistências, mitigação de riscos operacionais e fortalecimento das camadas de validação, documentação e inteligência gerencial da solução.

2 - OBJETIVOS DA MACROENTREGA

2.1. Objetivo Geral da MacroEntrega 3

Elevar a estabilidade e a maturidade da solução IAGRO por meio da correção de inconsistências, do refinamento funcional, da validação da integração com o ambiente operacional e da disponibilização de ferramentas gerenciais que apoiem a tomada de decisão.

A terceira MacroEntrega do Projeto IAGRO teve como objetivos específicos:

- Consolidar os dashboards operacional e gerencial, aprimorando indicadores, filtros, visualizações e informações destinadas ao acompanhamento das operações e ao apoio à tomada de decisão.
- Estruturar, desenvolver e refinar seis relatórios gerenciais estratégicos, contemplando informações sobre aplicações, insumos, Ordens de Serviço, estoques e desempenho por unidade produtiva, com melhorias nos layouts, filtros e mecanismos de consulta.
- Realizar a atualização e estabilização da versão final do sistema em ambiente de produção, incluindo correções de inconsistências, controle de versionamento, saneamento da base de dados e validação dos serviços disponibilizados.
- Refinar funcionalidades existentes e concluir elementos pendentes da interface, com foco na padronização visual, na experiência de utilização e na finalização das áreas institucionais e de apoio ao usuário.
- Executar ajustes finais no sistema supervisor e validar sua integração com o equipamento SmartCalda, visando maior aderência entre os componentes de software, automação industrial e hardware.
- Produzir tutoriais em vídeo dos principais módulos e estruturar uma área específica no portal do projeto para organização e disponibilização dos materiais de capacitação.
- Implementar e executar testes automatizados e validações funcionais das principais funcionalidades desenvolvidas, reduzindo riscos de regressão e ampliando a confiabilidade da versão final.
- Aplicar um checklist final de validação e entrega, contemplando funcionalidades, ambientes, acessos, documentação, integrações, credenciais, repositórios e demais componentes necessários à continuidade da solução.
- Desenvolver e disponibilizar um Portal de Entrega para centralizar a documentação técnica e gerencial do projeto, reunindo macroentregas, backlog, arquitetura, relatórios, tutoriais, ambientes, integrações, plano de sustentação, pendências e riscos.

Esses objetivos foram definidos para aproximar o IAGRO da realidade operacional, priorizando ajustes, testes e entregas que permitam o uso prático do sistema, com maior estabilidade e confiabilidade.

A partir dos objetivos estabelecidos para a Macroentrega 3, tornou-se necessário consolidar não apenas as funcionalidades desenvolvidas, mas também a forma como os diferentes componentes da solução se integra para sustentar os processos operacionais e gerenciais do IAGRO. Nesse sentido, a seção seguinte apresenta a arquitetura da solução, seus principais elementos de inovação e a evolução estrutural alcançada ao longo das três macroentregas do projeto.

3 – ARQUITETURA, INOVAÇÃO E EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA IAGRO

Esta seção apresenta a arquitetura consolidada do sistema IAGRO, evidenciando os principais componentes da solução, suas integrações e o fluxo de comunicação entre a plataforma web, o IAGRO Manager, o supervisor, os CLPs e o equipamento SmartCalda. Também são destacados os elementos de inovação incorporados ao projeto, especialmente a integração entre gestão, automação e rastreabilidade operacional, bem como a evolução estrutural e funcional alcançada ao longo das três macroentregas.

3.1. Arquitetura da Solução IAGRO

A arquitetura da solução IAGRO foi estruturada para integrar, de forma coordenada, os componentes de software, automação industrial, gestão de estoque e inteligência gerencial. A solução estabelece a comunicação entre o equipamento SmartCalda, os Controladores Lógicos Programáveis — CLPs, o componente local IAGRO Manager, a plataforma web e a base de dados central.

O fluxo arquitetural permite que as Ordens de Serviço e receitas cadastradas na plataforma sejam encaminhadas ao ambiente operacional, executadas pelo equipamento e posteriormente retornadas ao sistema com os dados reais da operação. Dessa forma, as informações geradas durante o processo produtivo passam a compor o histórico operacional, os controles de estoque, os mecanismos de rastreabilidade, os dashboards e os relatórios gerenciais.

A arquitetura também contempla um modelo segmentado de estoque, composto pelos estoques primário, técnico e fracionário. Essa estrutura representa o fluxo real dos insumos agrícolas, desde o recebimento de embalagens lacradas até a utilização nos equipamentos e o armazenamento de volumes remanescentes.

A figura a seguir apresenta os principais componentes da arquitetura e os respectivos fluxos de comunicação e integração.

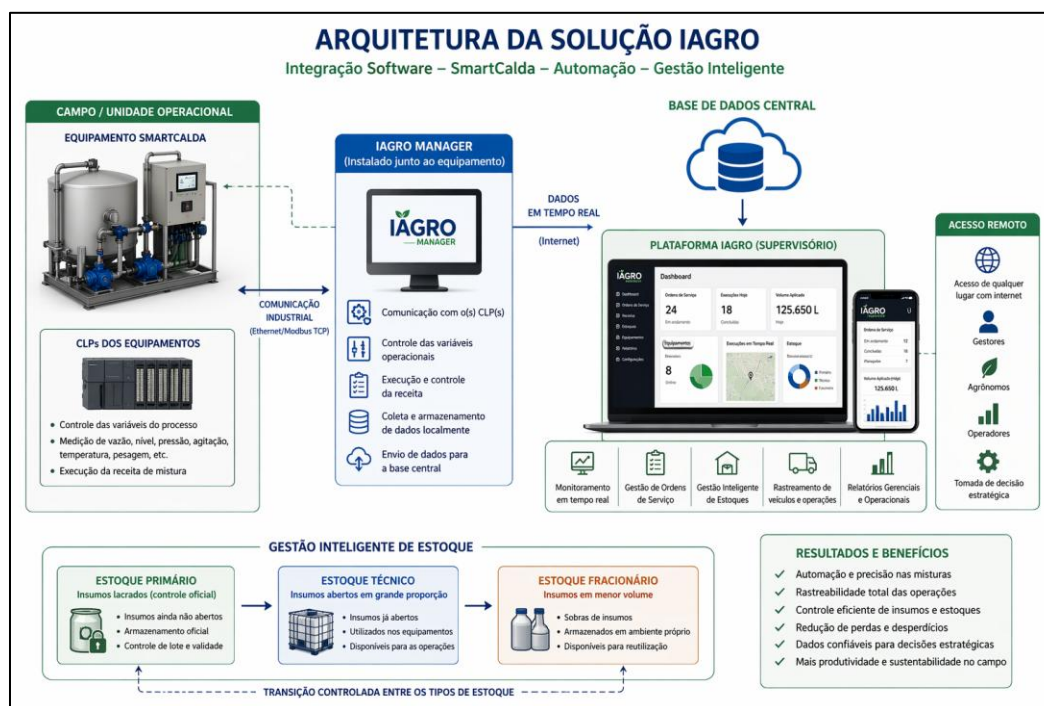


Figura 1 – Arquitetura integrada da solução IAGRO.

Figura 1 – Arquitetura integrada da solução IAGRO.

Conforme representado na figura, o IAGRO Manager exerce a função de elemento intermediário entre o ambiente industrial e a plataforma central. Instalado próximo ao equipamento, esse componente realiza a comunicação com os CLPs, controla variáveis operacionais, acompanha a execução das receitas, coleta os dados gerados e os encaminha para a base central por meio da internet.

A Plataforma IAGRO concentra as funcionalidades de monitoramento em tempo real, gestão de Ordens de Serviço, controle inteligente de estoques, rastreabilidade de insumos e geração de relatórios gerenciais e operacionais. A integração entre esses componentes permite relacionar dados como produto, lote, fornecedor, data de utilização, receita executada e unidade produtiva atendida.

Essa estrutura possibilita maior controle sobre o processo, redução de perdas, melhor utilização dos estoques e geração de informações confiáveis para apoio à tomada de decisão.

3.2. Inovação da Solução IAGRO

A inovação do IAGRO está fundamentada na integração entre o planejamento digital, a execução física das receitas e o retorno dos dados reais da operação para o ambiente de gestão. Diferentemente de sistemas voltados apenas ao registro administrativo, a solução conecta diretamente o software de gestão ao equipamento SmartCalda e aos CLPs responsáveis pela automação industrial.

Essa integração estabelece um ciclo fechado entre o ambiente digital e o ambiente físico. Inicialmente, são definidos a Ordem de Serviço, a receita e a disponibilidade dos insumos. Em seguida, as informações são encaminhadas ao equipamento para execução automatizada. Ao término ou durante o processamento, os dados reais retornam à plataforma, alimentando os controles de estoque, os indicadores de desempenho e os mecanismos de rastreabilidade.

A figura a seguir sintetiza os principais elementos inovadores da solução e os benefícios gerados pela integração entre software, automação e gestão inteligente.



Figura 2 - Elementos de inovação e geração de valor da solução IAGRO.

A inovação proposta pelo IAGRO pode ser compreendida a partir de quatro elementos principais.

O primeiro corresponde à integração direta com a automação industrial, permitindo que as receitas sejam executadas pelo equipamento a partir das Ordens de Serviço registradas no sistema. O IAGRO Manager realiza a comunicação com os CLPs e acompanha as variáveis operacionais necessárias ao processamento.

O segundo elemento é o ciclo fechado digital-físico-digital. Nesse modelo, o sistema não apenas planeja a operação, mas também participa de sua execução e recebe os dados efetivamente produzidos pelo equipamento. Isso reduz a dependência de registros manuais e amplia a confiabilidade das informações.

O terceiro diferencial é o modelo de estoque segmentado, constituído pelos estoques primário, técnico e fracionário. Essa abordagem representa o comportamento real dos insumos, contemplando embalagens lacradas, produtos abertos em grandes volumes e sobras disponíveis para reutilização.

O quarto elemento é a rastreabilidade orientada à tomada de decisão, que relaciona Ordens de Serviço, produtos, lotes, fornecedores, talhões, áreas atendidas e datas de utilização. Essa estrutura permite acompanhar o percurso do insumo desde seu recebimento até sua aplicação.

Como resultado, o IAGRO proporciona maior precisão na execução das receitas, confiabilidade dos dados operacionais, redução de perdas, melhor controle dos estoques, apoio à gestão estratégica e maior sustentabilidade das operações agrícolas.

3.3 – Evolução da Solução ao Longo das Macroentregas

Com base nos objetivos traçados, a Figura 3 apresenta a evolução estrutural e funcional do sistema IAGRO ao longo das três macroentregas. O comparativo evidencia a consolidação gradual dos módulos essenciais, o avanço da integração entre as camadas da solução e o amadurecimento de componentes estratégicos, como a gestão de ordens de serviço, a integração com o hardware de misturas e a geração de dashboards e relatórios.

Ao longo das três macroentregas, o projeto IAGRO apresentou uma evolução progressiva, partindo da estruturação dos módulos essenciais até a consolidação das funcionalidades mais críticas para uso operacional.



Figura 3 - Comparativo da arquitetura dos módulos da macroentrega 1, 2 e 3

Na **MacroEntrega 1**, o foco esteve na construção da base do sistema, com a implementação dos módulos fundamentais, como gerenciamento de usuários, cadastros, gestão de estoque e estrutura inicial de receitas. Nesse estágio, também foram iniciadas as primeiras definições de integração com hardware e a concepção dos relatórios e dashboards, ainda em nível inicial.

Na **MacroEntrega 2**, houve avanço na integração entre os módulos e início mais consistente da conexão com o ambiente físico, especialmente com o módulo de integração ao hardware de misturas. Paralelamente, evoluíram as funcionalidades de gestão de receitas e estoque, e foi intensificado o desenvolvimento da camada de Business Intelligence, com a criação e refinamento dos dashboards gerenciais e operacionais.

Já na **MacroEntrega 3**, o projeto concentrou-se no refinamento, validação e estabilização da solução. Foram realizados ajustes nas funcionalidades existentes, melhorias no supervisor e testes de integração com o equipamento em cenário real. Além disso, avançou-se na implementação de relatórios gerenciais estratégicos e na automação de testes, garantindo maior confiabilidade do sistema. Algumas frentes, como rastreamento via GPS e integração com sistemas externos, permaneceram limitadas por dependências externas, sendo tratadas de forma paliativa ou mantidas como evolução futura.

De forma geral, a evolução representada demonstra a transição de um sistema inicialmente estrutural para uma solução mais próxima do uso prático, com maior nível de integração, organização dos dados e suporte à tomada de decisão.

4 - DETALHAMENTO TÉCNICO DAS ATIVIDADES DA MACROENTREGA 3

No contexto da MacroEntrega 3, os épicos priorizados foram direcionados para o refinamento, validação e consolidação das funcionalidades já implementadas, com foco na estabilidade do sistema, melhoria da experiência do usuário e fortalecimento da camada gerencial da solução.

Para fins de demonstração e evidência do desenvolvimento realizado, serão apresentados prints representativos das telas do sistema ao final de cada épico. Ressalta-se que tais registros ilustram os principais avanços desta etapa, não contemplando a totalidade das evoluções implementadas.

4.1 - Épico - E21 Dashboard Operacional

O dashboard operacional foi refinado com foco na visão do operador, priorizando clareza das informações, responsividade aos filtros e aderência ao fluxo real de execução das receitas.

Foram realizados ajustes na lógica de exibição dos indicadores e na adaptação dinâmica conforme os filtros selecionados, especialmente relacionados às unidades SmartCalda, garantindo maior precisão na leitura dos dados operacionais.

Destacam-se os seguintes aprimoramentos:

- Ajustes na aplicação de filtros por equipamento (SmartCalda)
- Correção e validação dos KPIs operacionais
- Melhorias na representação visual do status das receitas (fila, em produção, pausadas)

- Refinamento dos indicadores de ciclo e progresso operacional
- Ajustes na visualização do carregamento dos componentes do equipamento

Portanto, foram desenvolvidos indicadores que demonstram a quantidade de receitas na fila, em produção e pausadas. O componente central apresenta o percentual de execução da receita ativa e a estimativa de tempo restante para sua conclusão.

Também foi implementada uma área para acompanhamento das Ordens de Serviço em andamento, com identificação da OS, destino da aplicação e barra de progresso. Dessa forma, o operador consegue visualizar o que está sendo processado, quais atividades estão na sequência e o estágio de execução de cada operação.

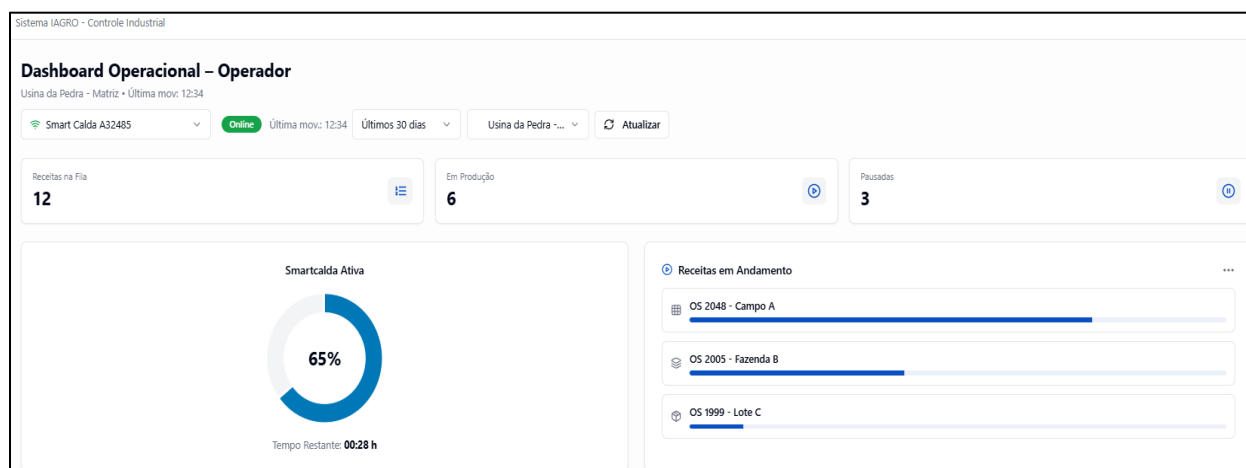


Figura 4 - Acompanhamento operacional das receitas e Ordens de Serviço em andamento.

A área de carregamento atual foi desenvolvida para representar visualmente a situação dos bulks e silos vinculados ao equipamento SmartCalda selecionado. Cada posição apresenta o produto armazenado, percentual de ocupação, quantidade consumida, saldo remanescente, capacidade total, horário da última atualização e Ordem de Serviço associada.

A utilização de indicadores visuais e classificações como “OK”, “Alerta” e “Vazio” permite ao operador identificar rapidamente recipientes com níveis reduzidos, posições indisponíveis ou situações que exigem reabastecimento.

Na parte inferior da tela, são destacados os insumos em nível crítico, classificados por prioridade. Essa funcionalidade contribui para antecipar possíveis interrupções do processo produtivo por falta de insumos e melhora o planejamento do abastecimento dos equipamentos.

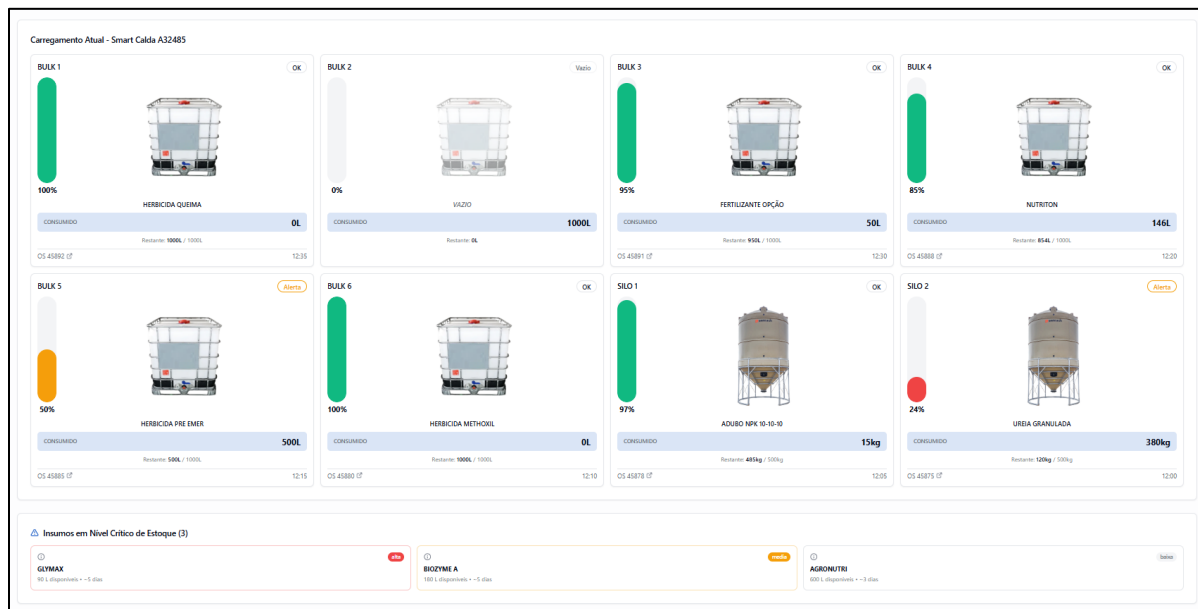


Figura 5 - Monitoramento dos níveis de carregamento dos bulks e silos do SmartCalda.

4.2 - E22 Dashboard Gerencial

O Dashboard Estratégico foi desenvolvido para oferecer ao gestor uma visão consolidada da produção, da utilização dos equipamentos e dos principais resultados operacionais. Na parte superior da tela, foram disponibilizados filtros por período e unidade produtiva, permitindo que os indicadores sejam atualizados de acordo com o contexto selecionado.

A solução apresenta indicadores sintéticos relacionados ao volume total de calda aplicado, quantidade de hectares atendidos, volume médio aplicado por hectare e número de receitas pendentes. Também foram incorporados gráficos para acompanhamento da evolução do volume de calda processado nos últimos meses e comparação do percentual de utilização dos equipamentos SmartCalda.

Para este épico, foram realizados ajustes voltados à organização das informações, melhoria da legibilidade dos indicadores e alinhamento com as necessidades dos stakeholders.

Entre os principais avanços, destacam-se:

- Estruturação dos indicadores de desempenho operacional
- Consolidação de métricas relacionadas ao consumo de insumos
- Ajustes na visualização de dados agregados por período, fazenda e operação
- Melhoria na usabilidade e navegação entre os indicadores

Esses recursos permitem que o gestor identifique tendências de produção, acompanhe o nível de utilização da estrutura disponível e avalie a existência de demandas ainda pendentes de execução. Segue abaixo alguns prints para evidenciar as funções implementadas.

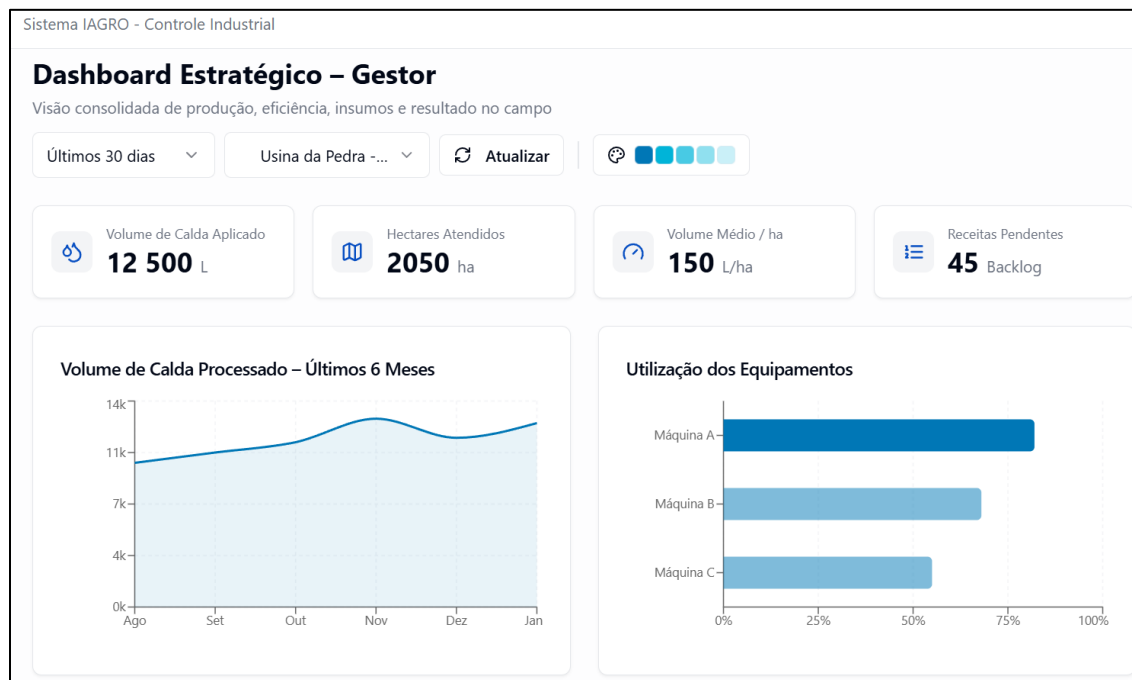


Figura 6 - Indicadores consolidados do Dashboard Estratégico do IAGRO.

Na continuidade do Dashboard Estratégico, foram implementados componentes voltados ao acompanhamento das operações por fazenda e talhão. A cobertura de aplicação apresenta, de forma percentual, a relação entre a área atendida e a área prevista de cada fazenda, facilitando a identificação do avanço das atividades em campo.

A tela também destaca os talhões com maior volume aplicado e apresenta o ranking dos cinco insumos mais consumidos no período selecionado. Essas informações apoiam a análise do perfil das aplicações e a identificação dos produtos com maior impacto sobre o estoque.

Como mecanismo preventivo, foi criada uma área de alertas para insumos em nível crítico, classificando as ocorrências por grau de prioridade e apresentando situações relacionadas a estoque mínimo, ponto de pedido e proximidade do vencimento. Também são disponibilizados atalhos para Ordens de Serviço não totalizadas, permitindo ao gestor identificar processos que necessitam de conferência ou regularização.

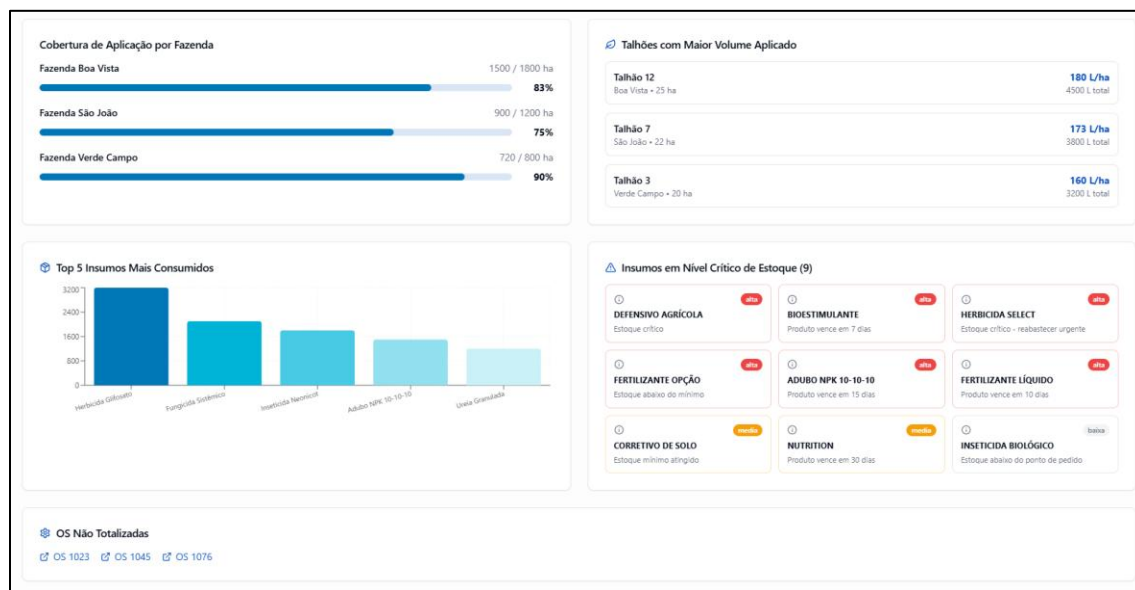


Figura 7 – Indicadores por fazenda, consumo de insumos e alertas gerenciais.

4.3 - E23 Relatórios Gerenciais

O épico de relatórios representou um dos principais avanços da MacroEntrega 3, com a implementação efetiva de relatórios estratégicos voltados à análise operacional e gerencial.

Foram desenvolvidos seis relatórios principais, estruturados para atender demandas reais de acompanhamento e tomada de decisão, incluindo:

- Consolidação de aplicações por período
- Análise por fazenda e talhão
- Histórico de utilização de insumos
- Relação entre ordens de serviço e execuções realizadas
- Indicadores de eficiência operacional
- Os relatórios foram concebidos com foco em:
- Organização clara das informações
- Possibilidade de análise histórica
- Apoio à rastreabilidade operacional (dentro das limitações atuais)
- Subsídio à tomada de decisão estratégica

Relatório de Estoque Primário

O Relatório de Estoque Primário foi desenvolvido para consolidar os insumos armazenados no almoxarifado principal. As informações são organizadas por classe de produto, permitindo uma visualização estruturada de herbicidas, fertilizantes, fungicidas e demais categorias cadastradas.

Para cada item, são apresentados produto, unidade de medida, tipo de embalagem, estoque atual, estoque mínimo, localização, fornecedor, lote e data de validade. O sistema também compara o saldo atual com o estoque mínimo e atribui classificações visuais como “OK”, “Atenção” e “Crítico”.

Foram implementados filtros por período, classe e situação do estoque, além da possibilidade de exportação do resultado em PDF. O relatório apoia o planejamento de compras, o acompanhamento de produtos próximos ao estoque mínimo e o controle de lotes e validades.

Relatórios

Visualize e exporte relatórios do sistema

Est. Primário

Últimos 7 dias

Todas as classes

Todos

Est. Remanescente

Rastreabilidade

Perdas

Aplicações Geral

Aplicações Fazenda

Exportar PDF

Classe: Herbicida

Produto	Unidade	Tipo Embalagem	Estoque Atual	Estoque Mínimo	Status	Localização	Fornecedor	Lote	Validade
Glifosato	L	IBC 100L	2000	5000	Crítico	Arrox 01	Bayer	L001	12/2026
Glifosato	L	Bombona 20L	1500	5000	Crítico	Arrox 02	Syngenta	L002	11/2026
2,4-D	L	IBC 100L	3200	3000	Atenção	Arrox 01	Mosaic	L003	06/2026

Classe: Fertilizante

Produto	Unidade	Tipo Embalagem	Estoque Atual	Estoque Mínimo	Status	Localização	Fornecedor	Lote	Validade
NPK 20-05-20	Kg	Bag 500kg	12 000	8000	OK	Arrox 03	Mosaic	L045	06/2027
Ureia	Kg	Bag 500kg	4500	5000	Atenção	Arrox 03	Herringer	L046	09/2027
MAP	Kg	Bag 500kg	15 000	6000	OK	Arrox 02	Mosaic	L047	10/2027

Classe: Fungicida

Produto	Unidade	Tipo Embalagem	Estoque Atual	Estoque Mínimo	Status	Localização	Fornecedor	Lote	Validade
Mancozeb	Kg	Saco 25kg	200	500	Crítico	Arrox 01	Bayer	L050	03/2027
Azoxistrobina	L	Galão 5L	80	100	Atenção	Arrox 01	Syngenta	L051	05/2027

Figura 8 – Relatório consolidado do Estoque Primário por classe de insumo.

Relatório de Estoque Remanescente

O Relatório de Estoque Remanescente foi criado para demonstrar os saldos existentes nos equipamentos SmartCalda e na sala de fracionamento. As informações são agrupadas por equipamento ou local de armazenamento, permitindo identificar a posição ocupada, o produto, a unidade, o lote, o fornecedor e o saldo disponível.

Também são apresentados o percentual de ocupação e a situação de cada posição, facilitando a identificação de recipientes com níveis adequados, reduzidos ou críticos. A consolidação desses dados permite acompanhar os produtos que permaneceram nos bulks, silos ou recipientes fracionados após as operações.

Esse relatório contribui para o planejamento das próximas receitas, para o aproveitamento dos saldos disponíveis e para a redução de perdas decorrentes do armazenamento inadequado ou da falta de controle dos volumes remanescentes.

Relatórios

Visualize e exporte relatórios do sistema

Est. Primário

Est. Remanescente

Rastreabilidade

Perdas

Aplicações Geral

Aplicações Fazenda

Data: 13/07/2026 14:46:43

Exportar PDF

SmartCaida 01

Posição	Produto	Unidade	Lote	Fornecedor	Saldo Atual	% Ocupação	Status
IBC01	Glifosato	L	L001	Bayer	320	32%	Atenção
IBC02	2,4-D	L	L002	Mosaic	180	18%	Crítico
SILO-01	NPK	Kg	L010	Bayer	210	42%	OK

SmartCaida 02

Posição	Produto	Unidade	Lote	Fornecedor	Saldo Atual	% Ocupação	Status
IBC01	Glifosato	L	L003	Syngenta	760	76%	OK
SILO-01	Ureia	Kg	L011	Mosaic	90	18%	Crítico

Sala de Fracionamento (Remanescente)

Posição	Produto	Unidade	Lote	Fornecedor	Saldo Atual	% Ocupação	Status
Sala Fracionados	Glifosato	L	L003	Syngenta	760	76%	OK
Sala Fracionados	Ureia	Kg	L011	Mosaic	90	18%	Crítico

Figura 9 – Relatório de Estoque Remanescente por equipamento e sala de fracionamento.

Relatório de Rastreabilidade por lote

O Relatório de Rastreabilidade foi desenvolvido para permitir o acompanhamento completo da movimentação dos insumos a partir de seus respectivos lotes. A consulta pode ser realizada por produto, fornecedor ou lote, facilitando a localização das informações desejadas.

Para cada lote, são apresentados dados de validade, nota fiscal, data de entrada e fornecedor. O histórico registra as movimentações realizadas, indicando data, origem, destino, quantidade, unidade de medida e tipo de movimentação, como transferência do estoque primário para o estoque técnico ou registro de perda.

A tela também apresenta os totais recebidos, movimentados e consumidos, além do saldo estimado. Dessa forma, torna-se possível acompanhar o percurso do insumo desde sua entrada no almoxarifado até seu consumo, movimentação ou eventual perda.

Relatórios

Visualize e exporte relatórios do sistema

Est. Primário

Est. Remanescente

Rastreabilidade

Perdas

Aplicações Geral

Aplicações Fazenda

Q

Buscar Insumo (classe, grupo, ms)

Todos fornecedores

Todos os lotes

Exportar PDF

LOTE L001

Data

Origem

Destino

Quantidade

Unidade

Tipo Movimentação

01/02

Almoxarifado

SmartCaida 03 (IBC-01)

10 000

L

PRIMÁRIO – TÉCNICO

03/02

SmartCaida 03 (IBC-02)

Perda Técnico

100

L

TÉCNICO – PERDA

Total Recebido

10 000 L

Total Movimentado

2000 L

Total Consumido

1300 L

Saldo Estimado

8700 L

LOTE L002

Data

Origem

Destino

Quantidade

Unidade

Tipo Movimentação

15/02

Almoxarifado

SmartCaida 01 (IBC-01)

5000

L

PRIMÁRIO – TÉCNICO

Total Recebido

5000 L

Total Movimentado

1200 L

Total Consumido

800 L

Saldo Estimado

4200 L

Figura 10 – Relatório de rastreabilidade das movimentações realizadas por lote.

Relatório de Perdas de Insumos

O Relatório de Perdas foi estruturado para registrar e consultar as ocorrências de descarte, vazamento, contaminação, vencimento e demais situações que provoquem redução do estoque sem aplicação produtiva.

Para cada ocorrência, são apresentados data, insumo, lote, tipo de perda, quantidade, unidade de medida e observação. O relatório também permite filtrar os registros por período, produto e tipo de perda, além de disponibilizar a exportação das informações em PDF.

A consolidação desses dados permite identificar as principais causas de perdas, avaliar sua frequência e subsidiar a definição de ações corretivas para melhorar o armazenamento, o manuseio e o controle operacional dos insumos.

Relatórios
Visualize e exporte relatórios do sistema

Est. Primário Est. Remanescente Recusabilidade **Perdas** Aplicações Geral Aplicações Fazenda

Últimos 7 dias Q. Buscar Insumo Todos os tipos [Exportar PDF](#)

Data	Insumo	Lote	Tipo de Perda	Quantidade	Unidade	Observação
10/02/2026	Glfosato	L001	Perda no estoque primário	120	L	Queda de embalagem
15/02/2026	Glfosato	L002	Perda no estoque técnico	80	L	Descarte por validade
20/02/2026	NPK	L003	Perda no estoque remanescente	200	Kg	Descarte
25/02/2026	2,4-D	L004	Perda no estoque primário	50	L	Vazamento
01/03/2026	Ureia	L011	Perda no estoque técnico	150	Kg	Contaminação

Figura 11 – Relatório de perdas de insumos por lote e tipo de ocorrência.

Relatório Geral de Aplicações

O Relatório Geral de Aplicações foi desenvolvido para apresentar uma visão consolidada das operações realizadas nas diferentes fazendas. A consulta pode ser filtrada por período e unidade produtiva.

Para cada fazenda, são demonstrados o número de aplicações, a área total atendida, a quantidade de talhões envolvidos, o volume total aplicado, a quantidade de insumos utilizados, a classe de produto predominante e a data da última aplicação.

Essa visão comparativa facilita a análise do desempenho das unidades produtivas, permitindo identificar fazendas com maior volume operacional, número de aplicações ou utilização de insumos. O relatório também pode ser exportado em formato PDF para utilização em reuniões gerenciais e registros de acompanhamento.

Relatórios							
Visualize e exporte relatórios do sistema							
Est. Primário	Est. Remanescente	Rastreabilidade	Perdas	Aplicações Geral		Aplicações Fazenda	
Últimos 30 dias	Todas as fazendas						Exportar PDF
Fazenda	Nº Aplicações	Área (ha)	Nº Talhões	Volume Total	Qtd. Insumos	Classe Predominante	Última Aplicação
Fazenda Santa Luzia	18	240	6	36 000	6	Herbicida	14/03/2026
Fazenda Boa Esperança	12	180	4	24 500	4	Fertilizante	13/03/2026
Fazenda São João	9	95	8	12 300	3	Herbicida	10/03/2026

Figura 12 – Relatório consolidado das aplicações realizadas por fazenda.

Relatório de Aplicações por Fazenda

O Relatório de Aplicações por Fazenda apresenta o detalhamento das operações realizadas em uma unidade produtiva específica. Foram disponibilizados filtros por período, fazenda e Ordem de Serviço, possibilitando uma consulta direcionada conforme a necessidade do usuário.

Cada registro apresenta a data da aplicação, a Ordem de Serviço, a receita utilizada, os produtos aplicados, os lotes consumidos, os respectivos fornecedores e os talhões atendidos.

Essa estrutura estabelece a relação entre planejamento, execução e consumo de insumos, permitindo verificar quais produtos e lotes foram utilizados em cada Ordem de Serviço e em quais talhões ocorreu a aplicação. O relatório amplia a rastreabilidade operacional e facilita a realização de auditorias, conferências e análises históricas por fazenda.

Relatórios						
Visualize e exporte relatórios do sistema						
Est. Primário	Est. Remanescente	Rastreabilidade	Perdas	Aplicações Geral		Aplicações Fazenda
Últimos 30 dias	Fazenda Santa Luzia	Todas as OS				Exportar PDF
Fazenda Santa Luzia						
Data	OS	Receita	Produtos	Lotes	Fornecedores	Talhões
01/03	OS-030	R01	Glifosato	L001	Bayer	T01, T02
02/03	OS-031	R01	Glifosato	L001	Bayer	T03
03/03	OS-032	R02	Glifosato, 2,4-D	L001, L002	Bayer, Syngenta	T04, T05
04/03	OS-033	R01	Glifosato	L001	Bayer	T06
06/03	OS-034	R03	2,4-D	L002	Syngenta	T07
07/03	OS-035	R01	Glifosato	L001	Bayer	T08
08/03	OS-036	R02	Glifosato, 2,4-D	L001, L002	Bayer, Syngenta	T02, T03
09/03	OS-037	R01	Glifosato	L001	Bayer	T04
10/03	OS-038	R02	2,4-D	L002	Syngenta	T05

Figura 13 – Detalhamento das aplicações, insumos e lotes utilizados por fazenda

A implementação dos dashboards e relatórios ampliou a capacidade de acompanhamento operacional e gerencial do IAGRO. Enquanto os dashboards apresentam informações sintéticas e atualizadas para apoiar a tomada de decisão, os relatórios permitem consultas detalhadas, análises históricas, rastreabilidade dos lotes e exportação dos dados. Em conjunto, essas funcionalidades consolidam a camada de inteligência do sistema e transformam

os registros operacionais em informações úteis para gestão, controle de estoque e avaliação das aplicações agrícolas.

Além dos épicos priorizados e desenvolvidos durante a Macroentrega 3, foram realizadas atividades complementares voltadas à estabilização, validação, documentação e preparação do sistema para a entrega final. Essas ações contribuíram para aumentar a confiabilidade da solução, aprimorar a experiência dos usuários e organizar os materiais necessários para sua utilização e continuidade. A seguir, são apresentadas as principais atividades realizadas.

4.4 – Atualização e estabilização do ambiente de produção

Nesta macroentrega também foi realizada a atualização da versão consolidada do sistema IAGRO no ambiente de produção. O processo contemplou a implantação das funcionalidades desenvolvidas, a verificação das configurações dos serviços e a validação inicial do funcionamento dos módulos no ambiente definitivo.

Também foi executado o saneamento da base de dados, com a remoção de registros utilizados exclusivamente durante o desenvolvimento, testes e demonstrações. Essa atividade teve como objetivo disponibilizar um ambiente organizado e adequado para a utilização operacional do sistema, preservando apenas os dados necessários para sua inicialização e validação.

4.5 – Ajustes e consolidação dos relatórios gerenciais

Os relatórios desenvolvidos passaram por uma etapa complementar de revisão e refinamento. Foram realizadas correções nas consultas, validações dos dados apresentados e adequações na organização das informações.

Também foram executados ajustes nos layouts, títulos, colunas, agrupamentos e formas de apresentação dos resultados, buscando tornar os relatórios mais claros e aderentes às necessidades dos usuários operacionais e gerenciais.

4.6 – Refinamento dos filtros e da experiência de utilização

Os filtros disponibilizados nos dashboards e relatórios foram revisados para garantir maior precisão na recuperação das informações. Foram realizados ajustes em filtros por período, fazenda, talhão, equipamento, insumo, ordem de serviço e demais critérios aplicáveis a cada relatório.

Além das correções funcionais, foram promovidas melhorias na disposição visual dos componentes, na organização dos campos e na apresentação dos resultados, favorecendo a navegação e a interpretação das informações.

4.7 – Ajustes finais no sistema supervisorio

O sistema supervisorio recebeu ajustes finais relacionados à comunicação com o equipamento SmartCalda, à apresentação dos estados operacionais e ao acompanhamento das ordens de serviço em processamento.

As melhorias buscaram aperfeiçoar a comunicação entre o sistema web, o componente local de integração e o CLP do equipamento, além de corrigir comportamentos identificados durante os testes realizados. Essas adequações contribuíram para maior estabilidade e aderência do supervisorio ao fluxo operacional previsto.

4.8 – Produção dos tutoriais em vídeo

Como parte das ações de documentação e transferência de conhecimento, foram produzidos tutoriais em vídeo contemplando os principais módulos e funcionalidades do sistema IAGRO.

Os conteúdos foram estruturados para apresentar os procedimentos de acesso, configuração, cadastramento, gerenciamento de estoque, criação e acompanhamento de ordens de serviço, utilização dos dashboards, emissão de relatórios e operação das demais funcionalidades disponibilizadas.

Os vídeos possuem o objetivo de apoiar a capacitação dos usuários, reduzir dúvidas durante a utilização do sistema e facilitar futuras ações de treinamento.

Foi criada uma área específica no portal de entrega do projeto para organizar e disponibilizar os tutoriais em vídeo.

Os conteúdos foram agrupados por módulos e temas, permitindo que os usuários localizem com maior facilidade as orientações relacionadas a cada funcionalidade. Essa área passa a funcionar como uma central de capacitação e consulta para os usuários do sistema.

4.9 – Testes automatizados e validação das funcionalidades

Foram implementados e executados testes automatizados sobre as funcionalidades desenvolvidas, com prioridade para os fluxos considerados críticos para a operação do sistema.

Os testes buscaram validar regras de negócio, operações de cadastro, controles de estoque, ordens de serviço, permissões, relatórios e integrações entre os módulos. A automatização contribui para identificar regressões, reduzir riscos associados a futuras atualizações e elevar a confiabilidade da solução.

Além dos testes automatizados, foram realizadas verificações funcionais complementares nos ambientes de desenvolvimento, homologação e produção.

4.10 – Checklist final de validação e entrega

Ao final da Macroentrega 3, foi aplicado um checklist de verificação sobre os principais componentes do projeto.

O processo contemplou a conferência das funcionalidades, ambientes, acessos, documentação, vídeos, relatórios, integrações, credenciais, repositórios, configurações de infraestrutura e demais elementos necessários para a entrega final.

A utilização do checklist permitiu organizar o encerramento técnico do projeto, registrar eventuais pendências e garantir maior segurança na transferência da solução para os responsáveis por sua continuidade.

4.11 – Portal de entrega e documentação do projeto

Como parte das atividades de encerramento da Macroentrega 3, foi desenvolvido um portal específico para centralizar e organizar os principais artefatos produzidos durante o Projeto IAGRO. A solução foi estruturada para facilitar o acesso às informações técnicas, gerenciais e operacionais, permitindo que a equipe, os parceiros e os responsáveis pela sustentação localizem os documentos de forma simples e organizada.

O portal apresenta uma visão geral do projeto, contemplando informações sobre objetivo, financiamento, período de execução, equipe, parceiros e nível de maturidade tecnológica alcançado. Também foram disponibilizados conteúdos relacionados às macroentregas, plano do projeto, Product Backlog, épicos, arquitetura e tecnologias utilizadas, serviços do supervisor, guias, tutoriais, relatórios mensais, registros de reuniões, ambientes implantados, integrações, plano de sustentação, pendências e riscos.

Além de funcionar como repositório documental, o portal representa um importante instrumento de transferência de conhecimento, reunindo em um único ambiente as evidências, orientações e informações necessárias para compreensão, operação e continuidade da solução. Sua organização contribui para reduzir a dispersão dos documentos, facilitar futuras consultas e apoiar processos de manutenção, auditoria e evolução do sistema IAGRO.

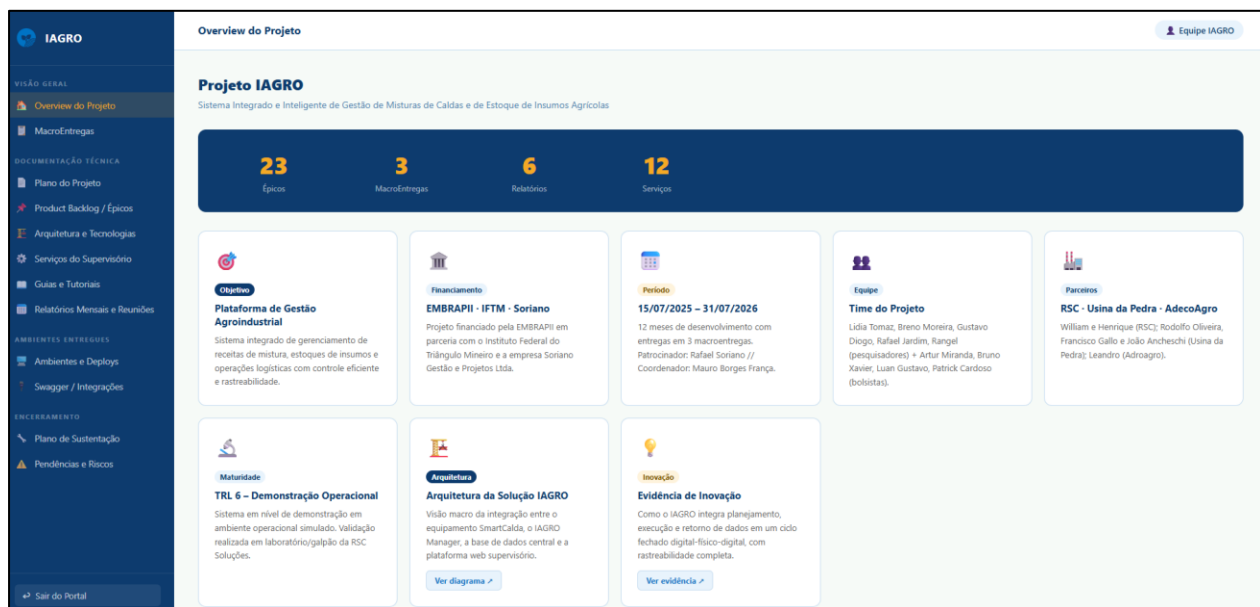


Figura 14 – Portal de entrega e centralização da documentação do Projeto IAGRO.

5 - INDICADORES DE MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL)

Considerando a metodologia de avaliação de maturidade tecnológica — Technology Readiness Level (TRL) —, observa-se que o Projeto IAGRO avançou na consolidação de seus componentes de software e na integração com o equipamento SmartCaldas. Os testes foram realizados em ambiente relevante e controlado, utilizando o equipamento real instalado no galpão da empresa parceira e contando com o acompanhamento de profissional responsável pela operação e automação. Embora esse cenário tenha permitido validar os principais fluxos de integração, ele não correspondeu integralmente ao ambiente operacional definitivo de uma usina.

Etapa	Situação ao final da Macroentrega 2	Situação ao final da Macroentrega 3
Estrutura conceitual	TRL 4 consolidado	TRL 4 consolidado — requisitos, arquitetura funcional e componentes da solução refinados
Validação dos componentes de software	TRL 5 — sistema integrado validado em ambiente relevante	TRL 5 consolidado — funcionalidades validadas por meio de testes funcionais e automatizados, com disponibilização da versão consolidada em ambiente de produção
Integração com hardware	TRL 6 inicial — demonstração da integração com equipamento real	TRL 6 demonstrado em ambiente relevante e controlado — integração entre IAGRO, supervisório, CLP e SmartCaldas testada com equipamento real, permanecendo limitações associadas à versão e aos ajustes do CLP

Quadro 1 – Quadro apresentando a maturidade do projeto - TRL

6 – EVIDÊNCIAS E REGISTROS DE REUNIÕES

6.1 – Reuniões de alinhamento técnico e acompanhamento do desenvolvimento

Durante a Macroentrega 3, foram realizadas reuniões periódicas de acompanhamento com a equipe técnica, envolvendo pesquisadores, desenvolvedores, bolsistas e profissionais responsáveis pela automação. Esses encontros tiveram como objetivo acompanhar a evolução das funcionalidades, analisar dificuldades técnicas, revisar as tarefas previstas nas sprints e validar as integrações entre o sistema IAGRO, o supervisor e o equipamento SmartCalda.

Entre os assuntos abordados, destacam-se a revisão dos dashboards, os ajustes nas telas do supervisor, a comunicação com os CLPs, a análise das variáveis operacionais, o acompanhamento das atividades registradas no Jira e a validação dos fluxos implementados. O mosaico a seguir apresenta registros representativos dessas reuniões técnicas.

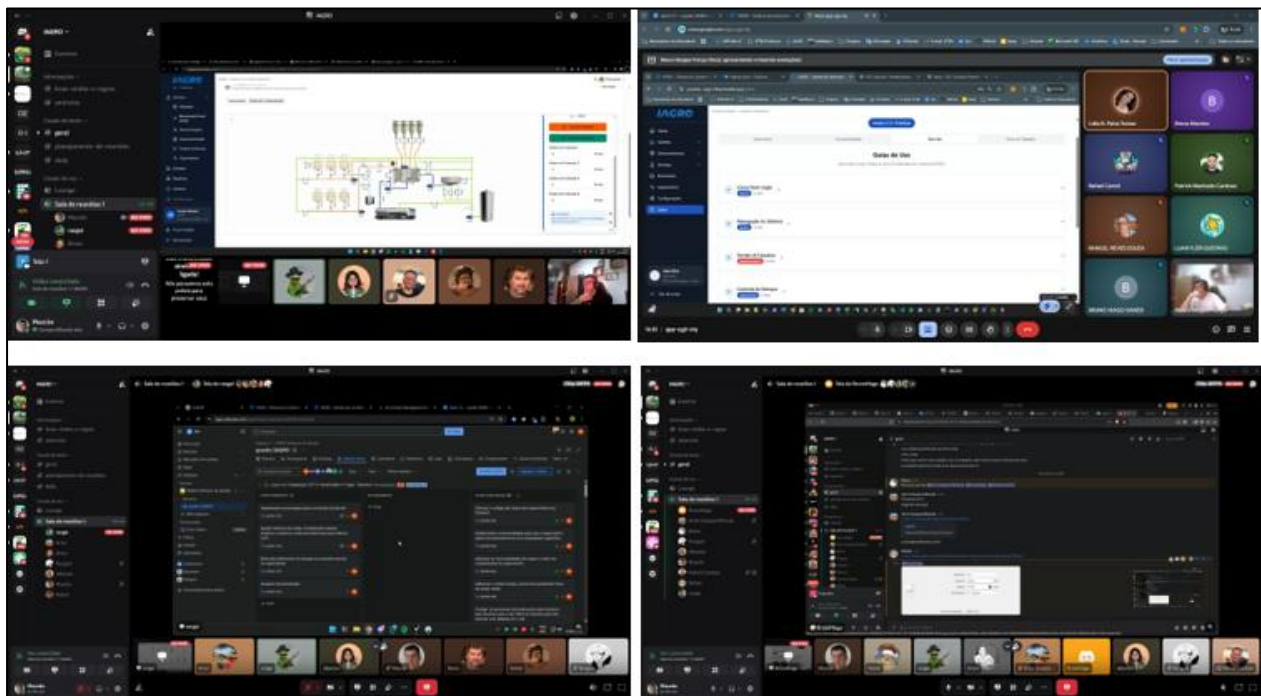


Figura 15 – Mosaico de registros das reuniões técnicas e de acompanhamento do desenvolvimento da Macroentrega 3

6.2 – Reuniões de validação funcional e alinhamento com os parceiros

Paralelamente às reuniões internas de desenvolvimento, foram promovidos encontros de alinhamento funcional e de negócio com representantes das instituições e empresas parceiras. Essas reuniões permitiram apresentar os resultados intermediários, validar os indicadores gerenciais, discutir a aderência das funcionalidades às necessidades operacionais e registrar orientações para os ajustes finais da solução.

Foram discutidos temas como estrutura dos dashboards, relatórios gerenciais, rastreabilidade, deslocamento de caminhões, comportamento do supervisor, organização dos tutoriais e preparação da entrega final. Esses alinhamentos foram fundamentais para aproximar as decisões técnicas das necessidades identificadas pelos stakeholders do projeto.

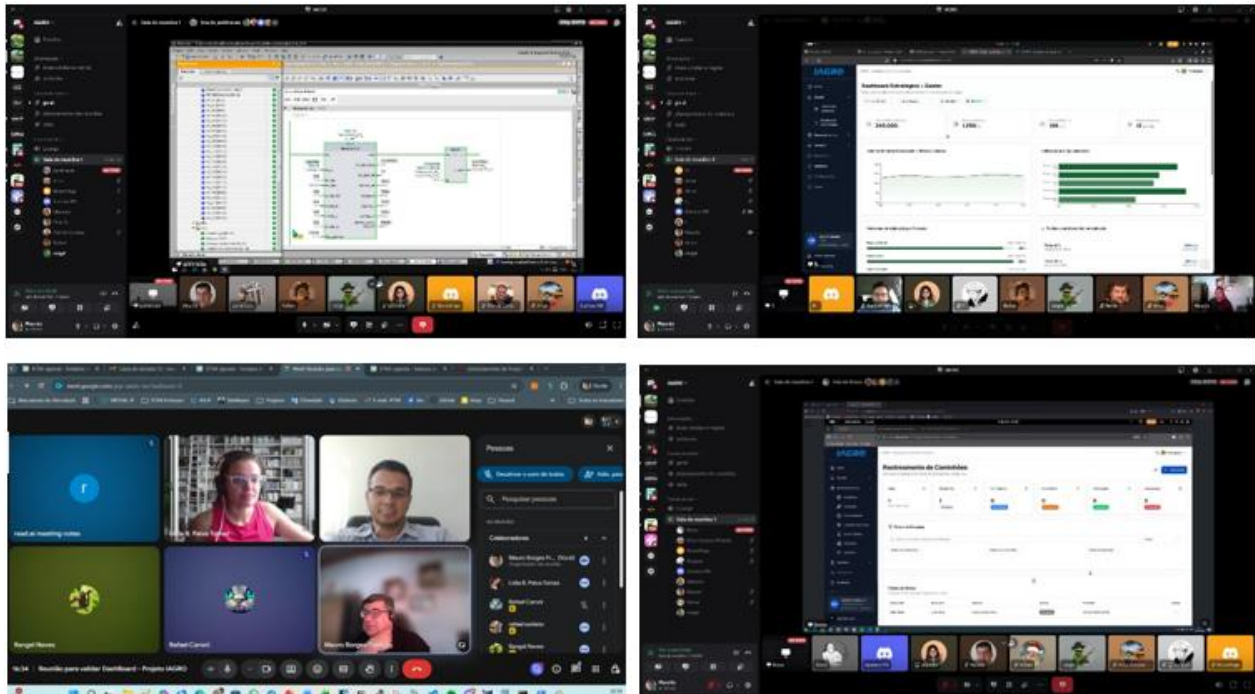


Figura 16 – Mosaico de registros das reuniões de validação funcional e alinhamento com os parceiros.

7 - CONCLUSÃO

A Macroentrega 3 representou a etapa de consolidação e encerramento técnico do Projeto IAGRO, concentrando esforços na estabilização da solução, no refinamento das funcionalidades desenvolvidas e na preparação do sistema para sua utilização em ambiente produtivo. Ao final desta etapa, a solução apresentou maior consistência funcional, melhor organização das informações, ampliação da capacidade gerencial e maior aderência aos fluxos operacionais definidos ao longo do projeto.

Entre as atividades realizadas, destaca-se a atualização da versão consolidada do IAGRO no ambiente de produção, acompanhada do saneamento da base de dados, com a remoção de registros utilizados em testes e demonstrações e a organização das informações necessárias à disponibilização do sistema. Esse processo contribuiu para reduzir inconsistências, preservar a integridade dos dados e estabelecer uma base mais adequada para a continuidade da operação e da sustentação da solução.

Os dashboards operacional e gerencial foram consolidados, permitindo o acompanhamento de indicadores relacionados à execução das Ordens de Serviço, utilização

dos equipamentos, consumo de insumos, cobertura das aplicações e desempenho das unidades produtivas. Paralelamente, a camada de relatórios foi aprimorada por meio de correções funcionais, validação das informações, ajustes nos layouts e refinamento dos filtros de consulta. As melhorias realizadas facilitaram a análise dos dados por período, fazenda, talhão, Ordem de Serviço, equipamento e insumo, ampliando a utilização dessas ferramentas no acompanhamento operacional e no apoio à tomada de decisão.

No sistema supervisor, foram efetuados ajustes finais nas rotinas de comunicação, na apresentação dos estados operacionais e no tratamento das informações recebidas do equipamento. Os testes de integração foram realizados com o equipamento SmartCalda instalado em ambiente relevante e controlado, no galpão da empresa parceira, com acompanhamento técnico de seus colaboradores. Embora a validação integral em uma operação produtiva real permaneça condicionada à atualização do CLP e à disponibilidade do equipamento no ambiente definitivo, as evoluções implementadas fortaleceram a integração entre o IAGRO, o supervisor, o CLP e o SmartCalda.

Como parte da estratégia de documentação e transferência de conhecimento, foram produzidos tutoriais em vídeo contemplando os principais módulos e fluxos de utilização do sistema. Também foi desenvolvido um Portal de Entrega para centralizar e organizar os artefatos técnicos e gerenciais do projeto, incluindo macroentregas, backlog, arquitetura, relatórios, registros de reuniões, ambientes, integrações, plano de sustentação, pendências, riscos, guias e tutoriais. Essa iniciativa facilita o acesso às informações, apoia a capacitação dos usuários e contribui para a manutenção e evolução futura da solução.

A confiabilidade da entrega foi reforçada pela implementação e execução de testes automatizados sobre as funcionalidades desenvolvidas, complementados por validações funcionais e pela aplicação de um checklist final envolvendo publicação, configuração dos ambientes, integridade da base de dados, permissões, relatórios, supervisor, documentação, credenciais, repositórios e materiais de apoio. Essas ações permitiram organizar o encerramento técnico e reduzir riscos associados à disponibilização da versão final.

Dessa forma, a Macroentrega 3 encerra o ciclo de desenvolvimento do Projeto IAGRO com uma solução mais estável, integrada, documentada e preparada para sustentação e evolução. O projeto alcançou um nível relevante de maturidade tecnológica, com validação dos componentes de software e demonstração da integração com o equipamento real em ambiente relevante e controlado. Permanecem, contudo, oportunidades de evolução relacionadas à validação em ambiente operacional definitivo, à integração com sistemas externos e à implementação de mecanismos de rastreamento em tempo real, frentes que dependem de recursos, definições e participação de stakeholders externos ao escopo executado.

8. TRABALHOS FUTUROS

Embora a MacroEntrega 3 marque o encerramento do ciclo previsto para o desenvolvimento do projeto, a adoção do IAGRO em contexto operacional abre possibilidades

de continuidade, sustentação e aprimoramento. Os trabalhos futuros deverão ser priorizados conforme a disponibilidade dos parceiros, o retorno dos usuários e o acesso às integrações externas necessárias.

8.1 Continuidade da Integração com o PIMS

Deverá ser retomada a integração com o sistema PIMS assim que forem disponibilizados os acessos, ambientes e responsáveis técnicos necessários. Essa integração permitirá automatizar o recebimento de informações operacionais, reduzir lançamentos manuais e ampliar a consistência entre planejamento, ordens de serviço, execução e registros corporativos. Também poderá ser avaliada, em etapa posterior, a interoperabilidade com o SAP e outros sistemas utilizados pela organização parceira.

8.2 Evolução e Consolidação dos Dashboards

Os dashboards operacional e gerencial deverão evoluir a partir do uso real do sistema e das necessidades identificadas pelos usuários. Recomenda-se ampliar indicadores, comparações históricas, alertas, recursos de exportação e possibilidades de personalização por perfil, mantendo a coerência entre os dados apresentados nos painéis e nos relatórios gerenciais.

8.3 Estudos e Definições para Técnicas de Rastreamento

A implantação de rastreamento em tempo real permanece como uma frente relevante para a rastreabilidade ponta a ponta. Trabalhos futuros poderão avaliar o uso de GPS ou tecnologias equivalentes para registrar o deslocamento dos caminhões, relacionar origem e destino, confirmar a chegada ao talhão e associar a execução da aplicação à respectiva ordem de serviço. A solução baseada em coordenadas atualmente disponível poderá servir como etapa intermediária para essa evolução.

8.4 Definição de Requisitos para Relatórios Gerenciais

Os relatórios implementados deverão ser acompanhados durante a utilização prática, permitindo a coleta de sugestões e a identificação de novas demandas. Recomenda-se evoluir os filtros, formatos de exportação, detalhamentos e cruzamentos de dados, especialmente para análises de consumo, perdas, produtividade, divergências entre planejado e realizado e rastreabilidade de lotes e aplicações.

8.5 Aprimoramento do Supervisório e Integração com o Smart Calda

A integração com o SmartCalda deverá ser continuamente validada em condições reais de operação, considerando diferentes versões do programa do CLP, falhas de comunicação, interrupções e retomadas de processo. Também deverão ser aprimorados os mecanismos de diagnóstico, registro de eventos e tratamento de exceções, aumentando a segurança e a previsibilidade da comunicação entre o equipamento, o supervisório e o sistema web.

8.6 Integração Avançada entre Receita, Rastreamento e Equipamento

Como evolução de maior alcance, recomenda-se consolidar um fluxo integrado entre planejamento, ordem de serviço, separação de insumos, preparo da mistura, deslocamento, aplicação no talhão, baixa de estoque e geração de indicadores. Essa integração permitirá ampliar a rastreabilidade operacional e a confiabilidade dos dados utilizados na gestão. Paralelamente, deverão ser mantidos o plano de sustentação, a atualização dos testes automatizados, a revisão periódica dos tutoriais e da documentação, o monitoramento do ambiente de produção, as rotinas de backup e os procedimentos de atendimento e correção de incidentes.

8.7 Sustentação e continuidade operacional

A continuidade das evoluções descritas nesta seção deverá ocorrer de forma articulada com o Plano de Sustentação do Projeto IAGRO, documento elaborado para orientar a manutenção da solução após o encerramento do ciclo de desenvolvimento. O plano estabelece diretrizes relacionadas à estrutura mínima da equipe, responsabilidades técnicas, administração dos ambientes, monitoramento da infraestrutura, atualização das aplicações, execução de backups, gestão de acessos, tratamento de incidentes, manutenção dos testes automatizados e atualização da documentação e dos tutoriais.

Dessa forma, o Plano de Sustentação constitui a referência para preservar a disponibilidade, a segurança e a confiabilidade do sistema, além de organizar o atendimento às demandas corretivas, adaptativas e evolutivas. A execução dos trabalhos futuros deverá considerar as prioridades operacionais dos parceiros, os recursos disponíveis e os procedimentos definidos nesse documento, garantindo que novas integrações e funcionalidades sejam incorporadas de maneira controlada e compatível com a arquitetura consolidada do IAGRO.

9. AGRADECIMENTOS

A equipe do Projeto IAGRO – Sistema Integrado e Inteligente de Gestão de Misturas de Caldas e de Estoque de Insumos Agrícolas registra seus agradecimentos às instituições e parceiros que contribuíram para a consolidação desta etapa do projeto.

À EMBRAPAII, pelo apoio à pesquisa aplicada e pela viabilização dos recursos que sustentam o desenvolvimento da solução. Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), pelo suporte institucional e pela infraestrutura disponibilizada. À Soriano Gestão e Projetos Ltda., pela parceria técnica e acompanhamento contínuo das atividades.

Por fim, reconhece-se o empenho de todos os pesquisadores, bolsistas, desenvolvedores e profissionais envolvidos, cujo comprometimento foi fundamental para o avanço e a maturidade tecnológica alcançada nesta macroentrega.