

JANEIRO 2026

RELATÓRIO MACROENTREGA 2

PROJETO: **IAGRO**

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

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 30/04/2026

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

Rafel 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. OBJETIVO DA MACROENTREGA.....	5
3 – EVOLUÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO SISTEMA IAGRO.....	6
4 - DETALHAMENTO TÉCNICO POR ÉPICO – MACROENTREGA 2	7
4.1 - E13 – Módulo de Fazendas e Talhões	8
4.2 - E14 e E15 – Importação de Itens e Entrada de Notas Fiscais	8
4.3 - E16 e E17 – Refatoração de Itens Agrícolas e CRUD de Classes	9
4.4 - E18 e E19 – Controle de Estoques e Histórico de Movimentações	10
4.5 - E20 – Módulo de Ordens de Serviço (OS)	11
4.6 - Integração com Supervisório e Smart Calda.....	11
4.7 - Ajustes de Permissões e Segurança.....	12
4.8 - Deploy, Infraestrutura e Ambientes.....	12
4.9 - Tabela Resumo – Sprint × Objetivo × Resultado	13
4.10 - Indicadores de Maturidade Tecnológica (TRL)	14
5 – EVIDÊNCIAS E REGISTROS DE REUNIÕES.....	14
5.1 - Reuniões Técnicas com Equipe de Desenvolvimento	14
5.2 Reuniões com Stakeholders Operacionais	15
5.3 Visita Técnica In Loco – Integração Smart Calda.....	16
6. CONCLUSÃO.....	17
7. TRABALHOS FUTUROS	17
7.1 Continuidade da Integração com o PIMS	18
7.2 Evolução e Consolidação dos Dashboards.....	18
7.3 Estudos e Definições para Técnicas de Rastreamento	18
7.4 Definição de Requisitos para Relatórios Gerenciais.....	18
7.5 Aprimoramento do Supervisório e Integração com o Smart Calda	18
7.6 Integração Avançada entre Receita, Rastreamento e Equipamento.....	19
8. AGRADECIMENTOS	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparativo da arquitetura dos módulos da macroentrega 1 e 2	6
---	---

Figura 2 – Print demonstrativo do Cadastro de Fazendas e Talhões	8
Figura 3 – Print demonstrativo da Importação de Itens e Entrada de Notas Fiscais.....	9
Figura 4 – Print demonstrativo da tela de Itens Agrícolas e CRUD de Classes.....	10
Figura 5 – Print demonstrativo da tela de movimentações de estoque	10
Figura 6 – Print demonstrativo da tela de ordem de serviços	11
Figura 7 – Print demonstrativo da tela do supervisor.....	12
Figura 8 – Mosaico para prints de momentos de reuniões técnicas	15
Figura 9 – Reuniões com parceiros	16
Figura 10 – Visita na RSC para testes reais	16

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro demonstrativo das Sprints / Objetivos / Resultados.....	13
Quadro 2 – Quadro apresentando a maturidade do projeto - TRL.....	14

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como finalidade apresentar as atividades desenvolvidas no âmbito da segunda macroentrega do Projeto IAGRO, executado pelo time de pesquisadores e estudantes do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), em parceria com a empresa SORIANO Gestão e Projetos LTDA.

Dando continuidade às ações iniciadas na primeira macroentrega — na qual foram estabelecidos os alinhamentos estratégicos, definidos os fundamentos metodológicos e estruturadas as bases técnicas do sistema — esta etapa concentrou-se na consolidação da arquitetura da solução, no aprofundamento do desenvolvimento dos módulos operacionais e na evolução dos fluxos de gestão de misturas de caldas agrícolas e controle de estoque de insumos.

Durante o período compreendido entre 01/11/2025 e 31/01/2026, foram intensificadas as atividades de implementação das funcionalidades centrais do sistema, com foco na modelagem dos processos operacionais, integração entre camadas de *front-end* e *back-end*, aprimoramento da rastreabilidade das Ordens de Serviço (OS) e preparação do ambiente para futuras integrações com equipamentos de campo.

Esta macroentrega representa um avanço significativo na maturidade técnica do IAGRO, evidenciando a transição da fase de estruturação conceitual para uma etapa de consolidação funcional, aproximando o sistema das demandas reais do ambiente produtivo e fortalecendo sua aderência às práticas operacionais das usinas parceiras.

2. OBJETIVO DA MACROENTREGA

A segunda macroentrega do Projeto IAGRO teve como objetivos específicos:

- Desenvolver e consolidar o Módulo de Receitas (Sprint 05), estruturando a modelagem de formulações de caldas agrícolas, parametrização de insumos, regras de composição, validações de consistência e vinculação às Ordens de Serviço (OS), permitindo padronização operacional e aderência às práticas das usinas parceiras.
- Iniciar o processo de integração com hardwares de mistura (Sprint 06 – Parte 1), definindo os protocolos de comunicação, modelagem das estruturas de dados trocadas entre sistema e equipamento, mapeamento das variáveis operacionais (volume, dosagem, produto, tempo, status de execução) e preparação da camada de interoperabilidade entre o IAGRO e o equipamento SmartCalda.
- Consolidar a integração com o equipamento SmartCalda (Sprint 07 – Parte 2), aprofundando os testes de comunicação, validação dos fluxos de envio e retorno

de informações, estruturação do monitoramento das execuções de receitas e adequação do sistema às particularidades técnicas do hardware, garantindo sincronização entre ambiente digital e operação física.

- Realizar duas visitas técnicas presenciais para análise in loco do equipamento SmartCalda, com o objetivo de compreender o funcionamento operacional, validar fluxos de dados reais, identificar ajustes necessários na modelagem do sistema e reduzir riscos técnicos associados à integração entre software e hardware.

Esses objetivos foram traçados para consolidar a transição do IAGRO de um sistema predominantemente estrutural para uma solução integrada ao ambiente físico de produção, aproximando a plataforma da realidade operacional do campo e elevando o nível de maturidade tecnológica do projeto.

3 – EVOLUÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO SISTEMA IAGRO

Focados nos objetivos traçados, a figura 1 abaixo demonstra o comparativo entre a estrutura inicial do sistema IAGRO e sua evolução ao longo da segunda macroentrega do projeto. No cenário à esquerda, observa-se uma arquitetura ainda em consolidação, com módulos essenciais já estruturados, porém com limitações na integração entre camadas e menor nível de maturidade funcional em componentes estratégicos, como gestão de receitas, integração com hardware e geração de relatórios.

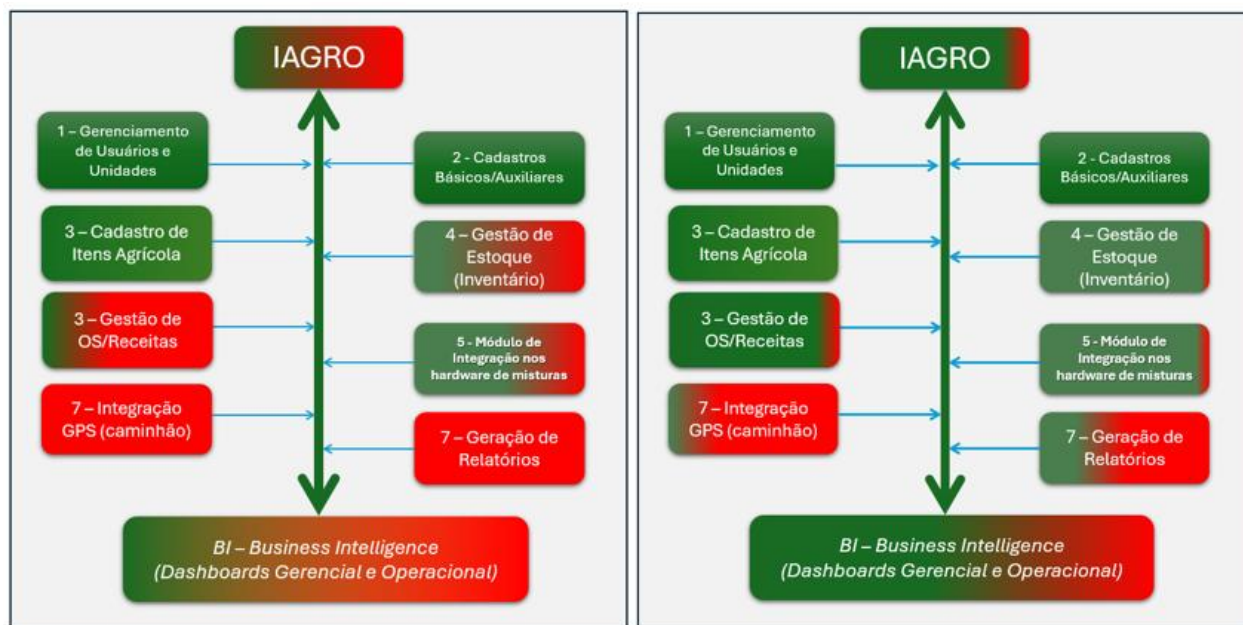


Figura 1 – Comparativo da arquitetura dos módulos da macroentrega 1 e 2

Na versão evoluída (à direita), é possível identificar um avanço significativo na consolidação dos módulos centrais e na integração sistêmica da plataforma. Destaca-se a estabilização dos módulos de Gerenciamento de Usuários e Unidades, Cadastros Básicos/Auxiliares, Cadastro de Itens Agrícolas e Gestão de Estoque (Inventário), que passaram a operar de forma mais integrada e consistente com os fluxos operacionais reais.

A principal evolução observada concentra-se na maturação do Módulo de Gestão de OS/Receitas, que deixou de ser um componente isolado para se tornar um elemento estruturante da operação, interligando estoque, execução em campo e rastreabilidade. Além disso, houve avanço relevante na Integração com Hardwares de Mistura (Smart Calda), etapa fundamental para aproximar o sistema do ambiente físico de produção, garantindo sincronização entre planejamento digital e execução operacional.

Outro ponto de evolução refere-se à consolidação do eixo de Business Intelligence (BI), representado na base da arquitetura. Na versão mais recente, os dashboards gerenciais e operacionais passam a refletir dados mais confiáveis e integrados, possibilitando análises estratégicas sobre consumo de insumos, execução de ordens de serviço, rastreabilidade e desempenho operacional.

Assim, o comparativo evidencia a transição do IAGRO de uma estrutura funcional inicial para uma arquitetura integrada e orientada a dados, com maior robustez técnica, interoperabilidade com equipamentos de campo e capacidade analítica ampliada — caracterizando um avanço consistente na maturidade tecnológica da solução.

4 - DETALHAMENTO TÉCNICO POR ÉPICO – MACROENTREGA 2

No contexto da Macroentrega II, os épicos priorizados foram estruturados de forma progressiva e integrada, contemplando desde a consolidação dos módulos básicos de cadastro até a preparação e validação da integração com o equipamento SmartCalda. A organização por épicos permitiu segmentar tecnicamente as entregas, evidenciando a evolução da arquitetura do sistema, o fortalecimento da base operacional e a maturação das camadas de comunicação, rastreabilidade e controle.

Nas seções a seguir, apresenta-se o detalhamento técnico dos principais módulos desenvolvidos e aprimorados no período, destacando objetivos, evoluções implementadas e impactos na consolidação da solução. Para fins de demonstração e evidência visual do desenvolvimento realizado, será inserido ao final de cada épico apresentado um print representativo de tela do sistema. Ressalta-se que os registros ilustram os principais avanços implementados, não contemplando a totalidade das funcionalidades desenvolvidas no período.

4.1 - E13 – Módulo de Fazendas e Talhões

Durante a Macroentrega 2 foi concluída a implementação e consolidação do módulo de Fazendas e Talhões, contemplando desenvolvimento completo das camadas de *back-end* e *front-end*.

No *back-end*, foram estruturados os *schemas* de banco de dados, implementados serviços de criação, edição, exclusão lógica e consulta de fazendas e talhões, bem como cálculo automático de área total. Também foi desenvolvido o módulo de localização geográfica, incluindo tabelas e *endpoints* para cidades, estados e regiões, além de mecanismos de exportação de dados em CSV e PDF.

No *front-end*, foram implementadas as interfaces de consulta, criação, edição e importação em lote, além da padronização de relatórios conforme identidade visual do sistema.

Esse módulo constitui a base territorial do IAGRO, permitindo vincular ordens de serviço, receitas e consumo de insumos às áreas produtivas específicas.

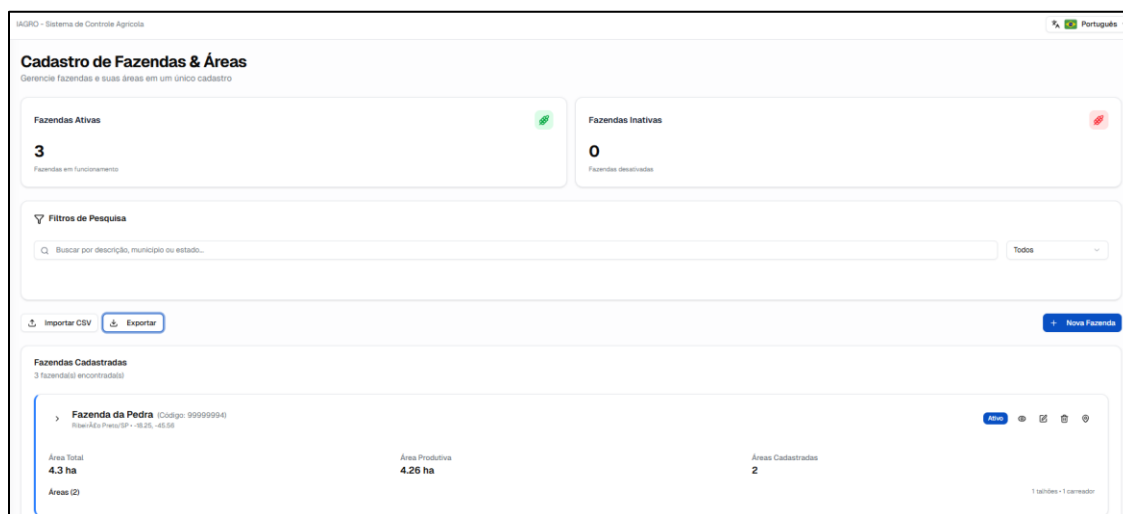


Figura 2 – Print demonstrativo do Cadastro de Fazendas e Talhões

4.2 - E14 e E15 – Importação de Itens e Entrada de Notas Fiscais

Foi estruturado o fluxo completo de entrada de insumos no sistema, contemplando:

- Implementação de importação de planilhas para carga inicial de estoque;
- Persistência estruturada de dados importados;
- Desenvolvimento do módulo de entrada de notas fiscais (front-end e back-end);
- Estruturação de schema específico para registro de notas e seus itens;
- Implementação de serviços de consulta, edição e exportação.

Essas funcionalidades permitiram estabelecer rastreabilidade entre aquisição de insumos, estoque disponível e posterior utilização nas receitas vinculadas às Ordens de Serviço.

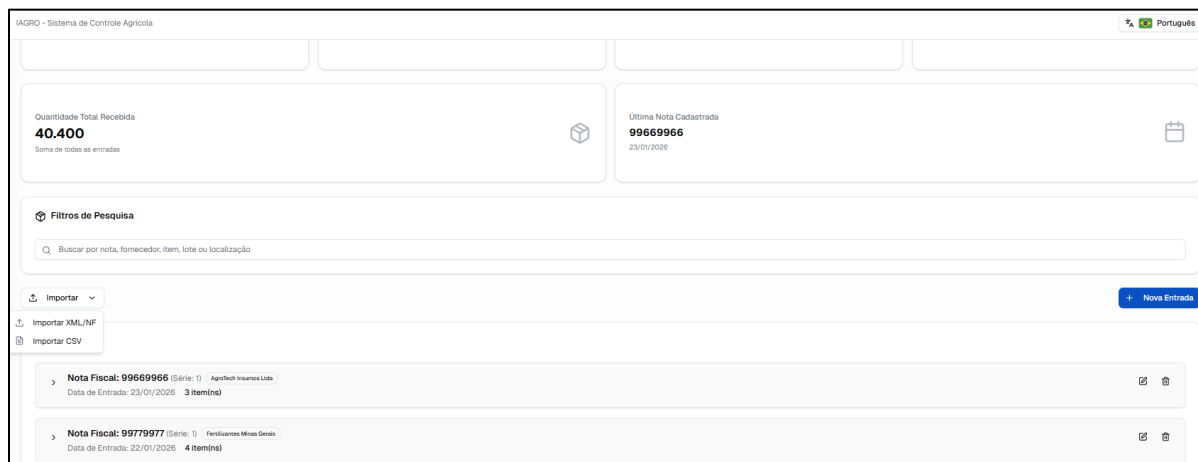


Figura 3 – Print demonstrativo da Importação de Itens e Entrada de Notas Fiscais

4.3 - E16 e E17 – Refatoração de Itens Agrícolas e CRUD de Classes

Foi realizada refatoração estrutural do módulo de Itens Agrícolas, incluindo:

- Reorganização de domínio (classe, grupo e insumos);
- Ajustes nos serviços de importação;
- Adequações na interface para refletir a nova modelagem.

Paralelamente, foi implementado o módulo completo de CRUD de Classes, com estrutura de banco, serviços de consulta, registro em lote, atualização, exclusão lógica e exportação.

Essa etapa foi fundamental para garantir consistência semântica na modelagem das receitas e integração futura com o hardware Smart Calda.

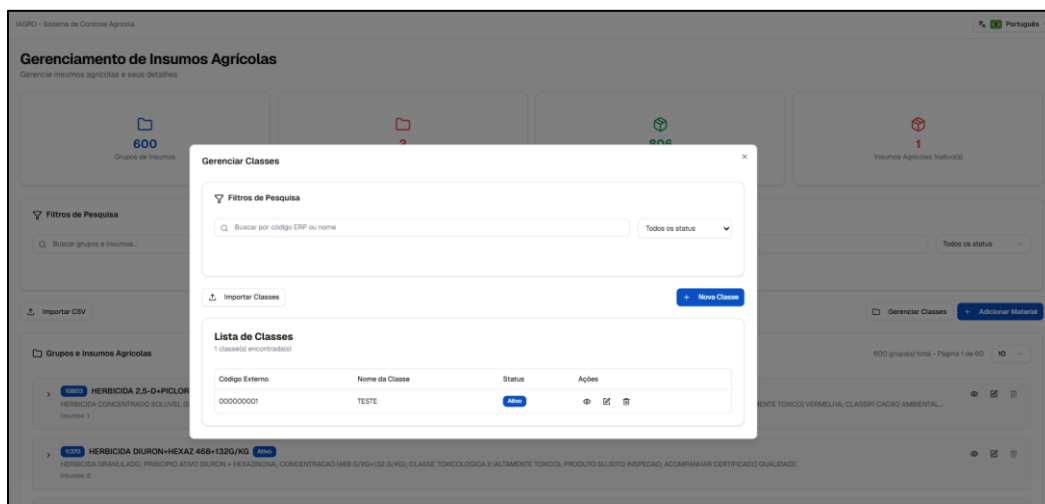


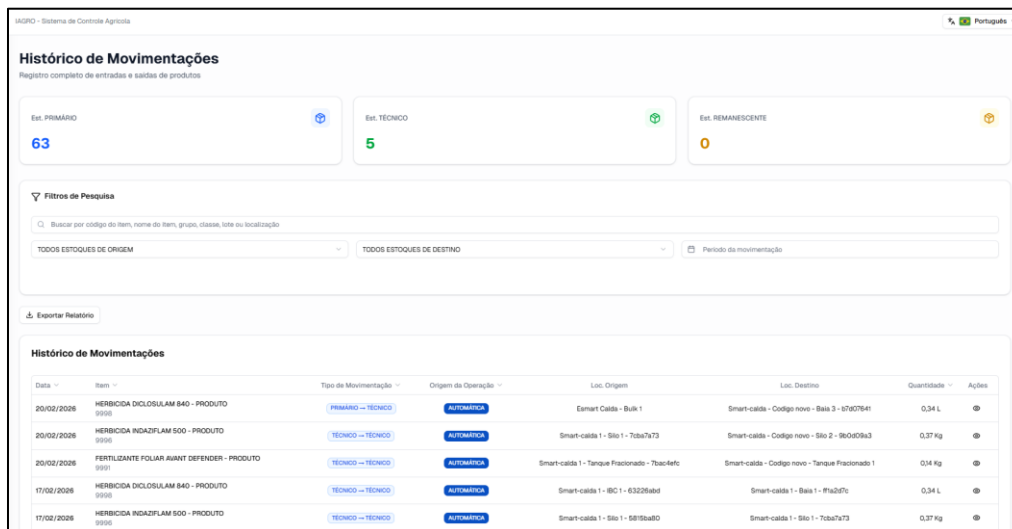
Figura 4 – Print demonstrativo da tela de Itens Agrícolas e CRUD de Classes

4.4 - E18 e E19 – Controle de Estoques e Histórico de Movimentações

O módulo de Controle de Estoques foi implementado integralmente, contemplando:

- Estruturação de schema específico no banco de dados;
- Serviços de consulta e movimentação de itens;
- Interfaces de visualização e registro de movimentações;
- Implementação de histórico detalhado com indicação da origem da movimentação (manual ou automática);
- Exportação de relatórios em CSV e PDF.

Além disso, foram realizadas refatorações para aprimorar rastreabilidade e integridade das movimentações, preparando o sistema para integração com operações automáticas oriundas do CLP.



Data	Item	Tipo de Movimentação	Origem da Operação	Loc. Origem	Loc. Destino	Quantidade	Ações
20/02/2026	HERBICIDA DICLOSULAM 840 - PRODUTO 9908	PRIMARIO → TECNICO	AUTOMATICA	Smart-cabla - Bulk 1	Smart-cabla - Codigo novo - Bala 3 - 87607641	0,34 L	
20/02/2026	HERBICIDA INDAZIFLUM 500 - PRODUTO 9908	TECNICO → TECNICO	AUTOMATICA	Smart-cabla 1 - Site 1 - Tda7a73	Smart-cabla - Codigo novo - Site 2 - 980409a3	0,37 Kg	
20/02/2026	FERTILIZANTE FOLAR AVANT DEFENDER - PRODUTO 9901	TECNICO → TECNICO	AUTOMATICA	Smart-cabla 1 - Tanque Fracionado - Thac7e7c	Smart-cabla - Codigo novo - Tanque Fracionado 1	0,14 Kg	
17/02/2026	HERBICIDA DICLOSULAM 840 - PRODUTO 9908	TECNICO → TECNICO	AUTOMATICA	Smart-cabla 1 - 8C 1 - 6328a6d	Smart-cabla 1 - Bala 1 - Pba2b7c	0,34 L	
17/02/2026	HERBICIDA INDAZIFLUM 500 - PRODUTO 9908	TECNICO → TECNICO	AUTOMATICA	Smart-cabla 1 - Site 1 - 5815ba80	Smart-cabla 1 - Site 1 - Tda7a73	0,37 Kg	

Figura 5 – Print demonstrativo da tela de movimentações de estoque

4.5 - E20 – Módulo de Ordens de Serviço (OS)

O módulo de Ordens de Serviço foi estruturado com:

- Serviços de criação, edição, busca e atualização de status;
- Implementação de parametrização de OS;
- Interface para criação de nova OS;
- Tela de filtros e visualização de resultados;
- Criação de parcelas vinculadas às OS;
- Integração inicial com supervisor.

Esse módulo passou a atuar como elo entre planejamento operacional (receitas), estoque e execução física no equipamento.

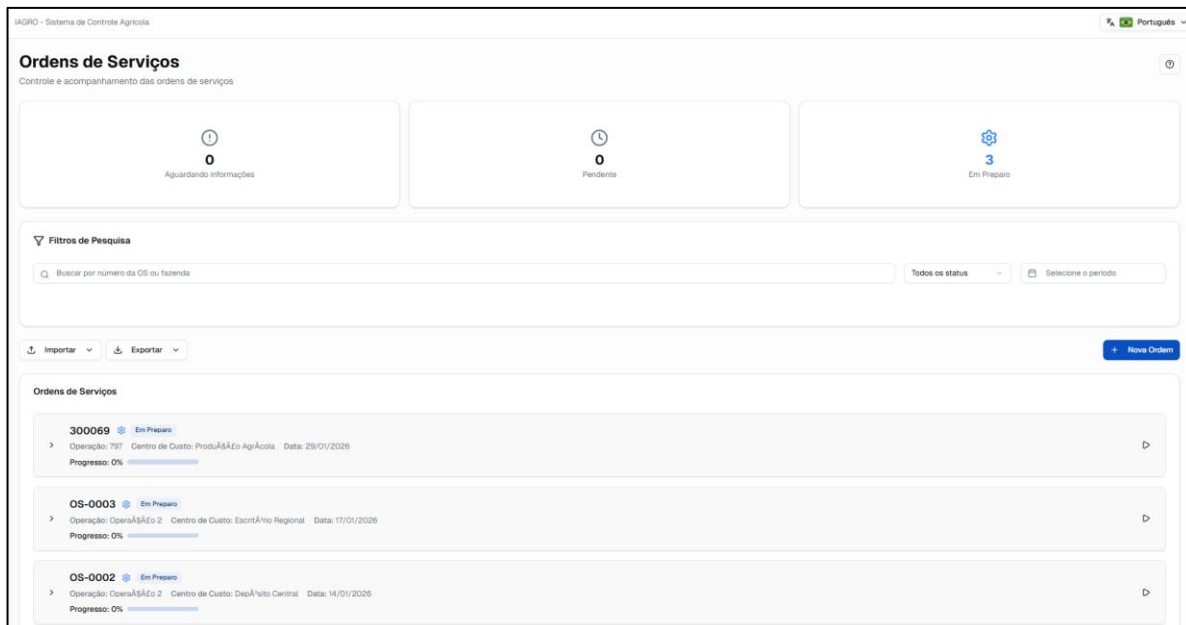


Figura 6 – Print demonstrativo da tela de ordem de serviços

4.6 - Integração com Supervisor e Smart Calda

Um dos principais avanços da MacroEntrega 2 foi a consolidação da integração com o equipamento Smart Calda.

Foram implementadas funcionalidades como:

- Descoberta e vinculação dinâmica de variáveis do CLP;
- Construção dinâmica do supervisor conforme variáveis associadas;
- Websocket dedicado para comunicação em tempo real;
- CRUD de alarmes vinculados a variáveis do CLP;
- Controle e leitura de versão de firmware;

- Otimização de containers de comunicação IAGRO-CLP;
- Ajustes de métricas de calda baseadas em regras do banco do CLP;
- Parametrização de baias e controle de fluxo de saída (Silo, IBC, Fracionado).

Essas atividades foram reforçadas por duas visitas técnicas presenciais, permitindo validação em ambiente real e ajustes finos na modelagem sistêmica.

Esse conjunto de ações elevou o sistema ao patamar de integração software-hardware em ambiente relevante.

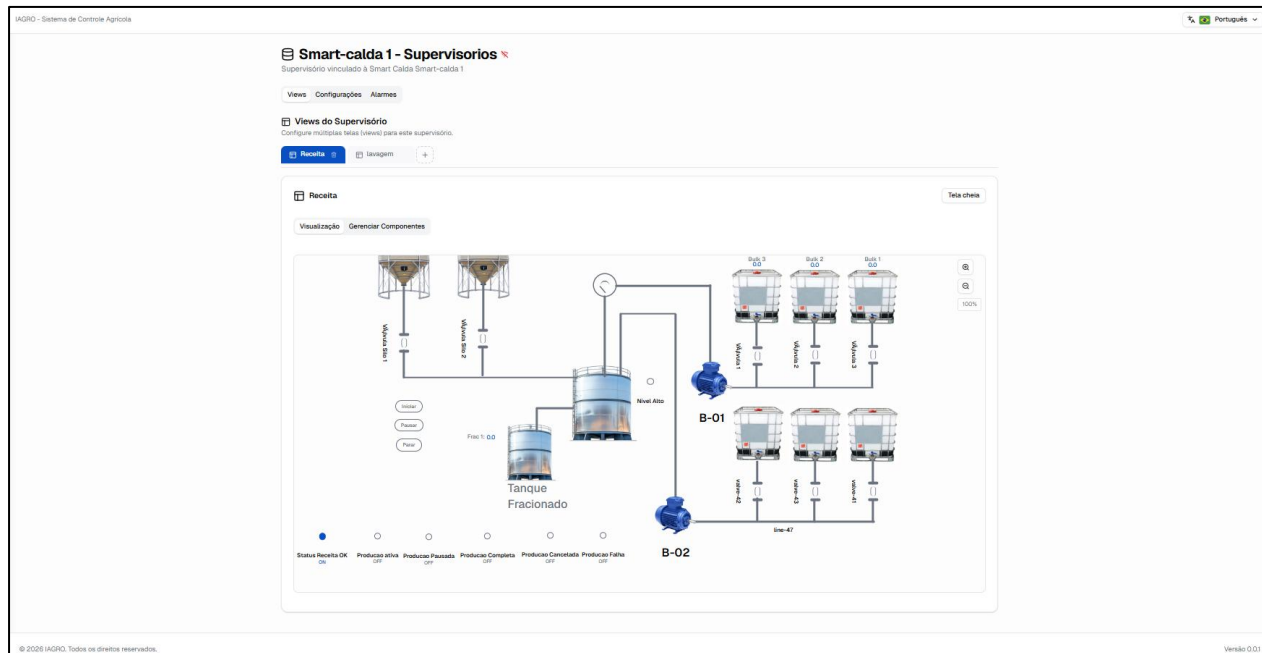


Figura 7 – Print demonstrativo da tela do supervisorio

4.7 - Ajustes de Permissões e Segurança

Foi realizada revisão completa do modelo de permissões, incluindo:

- Granularidade rota a rota no back-end;
- Ajustes no front-end (contexto e sidebar);
- Configuração de Realm no Keycloak;
- Padronização de nomenclaturas;
- Correções de bugs relacionados a roles.

Essas melhorias garantiram maior controle de acesso e segurança da plataforma.

4.8 - Deploy, Infraestrutura e Ambientes

Durante o período foram realizadas atividades de consolidação de ambiente produtivo:

- Atualização do sistema em homologação;
- Implantação em ambiente de produção;
- Configuração de CI/CD para releases;
- Configuração de ambientes PROD genérico e PROD Usina da Pedra;
- Implementação de proxy reverso com Nginx;
- Configuração de HTTPS via Let's Encrypt.
- Essas ações demonstram avanço significativo na maturidade operacional do sistema.

4.9 - Tabela Resumo – Sprint × Objetivo × Resultado

Sprint	Objetivo Principal	Resultados Alcançados
Sprint 05 – Módulo de Receitas e Base Operacional	Estruturar os módulos necessários para modelagem de receitas, integração com estoque e vinculação às Ordens de Serviço	✓ Implementação e refatoração dos módulos de Fazendas e Talhões, Itens Agrícolas e Classes ✓ Implementação do Controle de Estoque e Histórico de Movimentações ✓ Implementação de Importação de Itens e Entrada de Notas Fiscais ✓ Estruturação e consolidação do módulo de Ordens de Serviço
Sprint 06 – Integração com Hardwares (Parte 1)	Estruturar a arquitetura de comunicação entre o IAGRO e o equipamento de mistura, preparando o ambiente para integração real	✓ Integração inicial do módulo de OS com Supervisório ✓ Implementação de comunicação via WebSocket ✓ Estruturação da base de rastreabilidade ✓ Evolução do estudo de georreferenciamento ✓ PoC de integração com APIs externas ✓ Documentação técnica e ajustes de permissões
Sprint 07 – Integração Smart Calda (Parte 2)	Consolidar a integração com o equipamento Smart Calda e validar o pipeline completo de operação em ambiente real	✓ Validação da comunicação IAGRO ↔ CLP ↔ Smart Calda ✓ Teste do pipeline completo (OS → Receita → Execução → Retorno de dados) ✓ Ajustes de métricas de calda e parametrizações baseadas no CLP ✓ Realização de 01 visita técnica in loco para testes e validação operacional ✓ Deploy em homologação e produção ✓ Correções estruturais e estabilização do sistema

Quadro 1 – Quadro demonstrativo das Sprints / Objetivos / Resultados

4.10 - Indicadores de Maturidade Tecnológica (TRL)

Considerando a metodologia de avaliação de maturidade tecnológica (Technology Readiness Level – TRL), observa-se o seguinte avanço durante a MacroEntrega 2:

Etapa	Situação ao Final da MacroEntrega 1	Situação ao Final da MacroEntrega 2
Estrutura Conceitual	TRL 3 – Prova de conceito analítica	TRL 4 consolidado
Validação em Ambiente Controlado	TRL 4 – Validação de componentes em laboratório	TRL 5 – Validação de sistema integrado em ambiente relevante
Integração com Hardware	Não iniciada	TRL 6 (inicial) – Demonstração de sistema integrado com equipamento real

Quadro 2 – Quadro apresentando a maturidade do projeto - TRL

5 – EVIDÊNCIAS E REGISTROS DE REUNIÕES

Durante o período da MacroEntrega II (01/11/2025 a 31/01/2026), foram realizadas reuniões técnicas, estratégicas e operacionais com diferentes stakeholders do projeto IAGRO, incluindo equipe de desenvolvimento, empresa parceira RSC Soluções, Usina da Pedra, AdecoAgro, TOTVS e Polo EMBRAPAII.

A seguir, apresenta-se a consolidação das principais evidências.

5.1 - Reuniões Técnicas com Equipe de Desenvolvimento

Foram mantidas reuniões semanais de acompanhamento (modelo ágil), com foco em:

- Revisão de tarefas e backlog das sprints
- Alinhamento de requisitos funcionais e não funcionais
- Validação do fluxo de Ordens de Serviço (OS)
- Modelagem das receitas de calda
- Evolução da camada de supervisor
- Ajustes de permissões e segurança

Tais reuniões garantiram transparência no cronograma, monitoramento de riscos e refinamento contínuo dos requisitos. A seguir a figura apresenta momentos de reuniões técnicas do projeto.

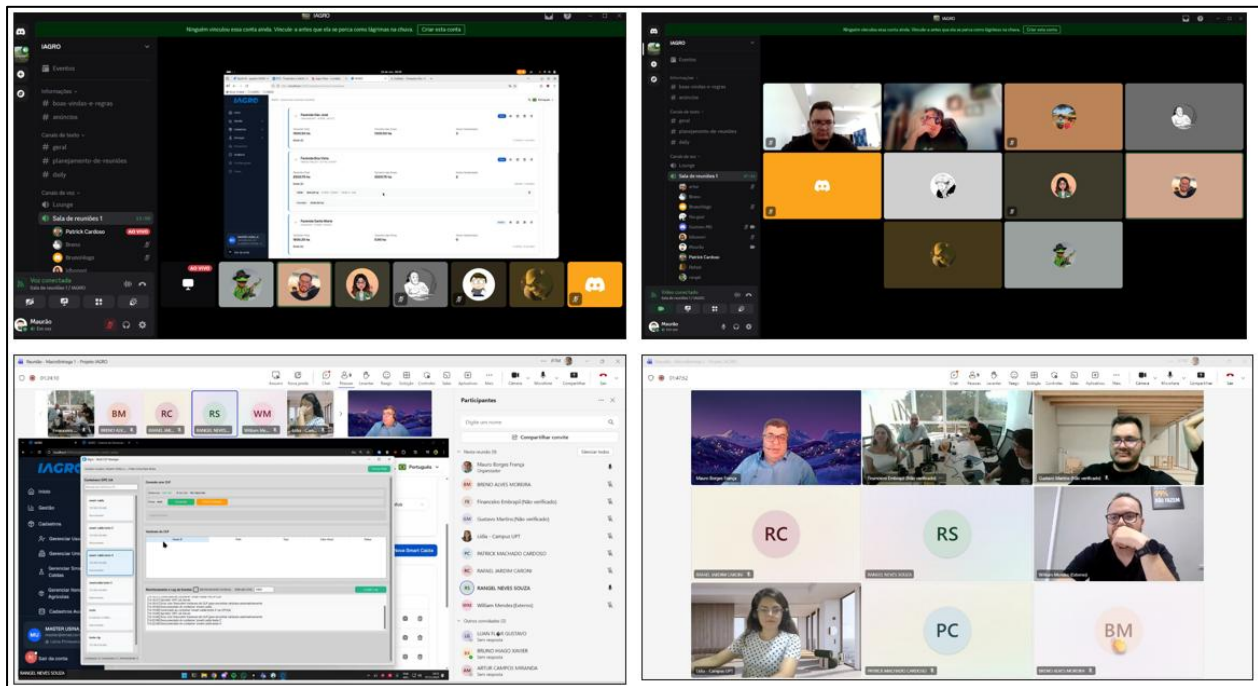


Figura 8 – Mosaico para prints de momentos de reuniões técnicas

5.2 Reuniões com Stakeholders Operacionais

Durante o período, ocorreram reuniões estratégicas com:

- **Usina da Pedra** – Validação do fluxo de entrada de insumos, revisão das Ordens de Serviço e alinhamento das receitas de calda.
- **AdecoAgro** – Apresentação do estágio do projeto e coleta de contribuições operacionais.
- **TOTVS** – Discussão técnica sobre estratégias de integração com o sistema PIMS e necessidade de documentação da API.

Essas interações contribuíram para:

- Redução de risco de retrabalho;
- Melhor entendimento dos fluxos produtivos
- Ajuste de requisitos ainda indefinidos
- Ampliação da aderência do sistema à realidade operacional

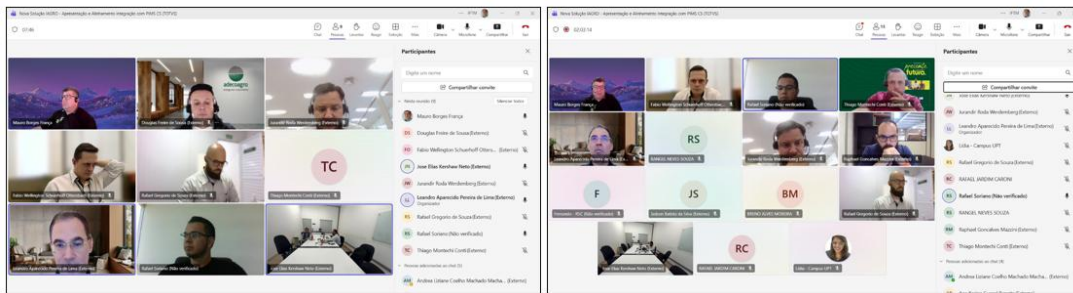


Figura 9 – Reuniões com parceiros

5.3 Visita Técnica In Loco – Integração Smart Calda

Conforme registrado no relatório de janeiro, foi realizada uma visita técnica presencial à empresa RSC Soluções, com os seguintes objetivos:

- Executar a primeira simulação completa do pipeline operacional (OS → Receita → Supervisório → CLP → Retorno de dados)
- Validar a comunicação entre IAGRO, supervisório interno e CLP
- Identificar regras reais de cálculo e volumetria (lavagens, fracionamento, volumes mínimos)
- Mapear intertravamentos físicos e restrições operacionais
- Levantar dependências técnicas do CLP (firmware versão 4.6 e compatibilidade com código LADDER)

Os testes presenciais foram fundamentais devido à impossibilidade de reproduzir integralmente intertravamentos físicos e variáveis operacionais em ambiente remoto de homologação.



Figura 10 – Visita na RSC para testes reais

6. CONCLUSÃO

A MacroEntrega II do Projeto IAGRO consolidou uma etapa estratégica de evolução técnica e operacional da plataforma, promovendo avanços significativos na estruturação dos módulos de receitas, no fortalecimento da base de gestão de estoque e na consolidação das Ordens de Serviço como elemento central do fluxo produtivo.

Durante o período de execução (01/11/2025 a 31/01/2026), o projeto avançou da consolidação da camada operacional para a efetiva integração com o equipamento Smart Calda, culminando na validação do pipeline completo em ambiente real. A visita técnica in loco possibilitou testar a comunicação entre IAGRO, supervisório e CLP, validar regras de cálculo e volumetria, identificar intertravamentos operacionais e mapear dependências técnicas críticas, como requisitos de firmware e compatibilidade do código LADDER. Essa etapa representou um marco na maturidade tecnológica da solução.

Além dos avanços técnicos, houve evolução metodológica consistente, com manutenção de governança ativa por meio de reuniões semanais, alinhamentos com stakeholders estratégicos (usinas, fornecedores de tecnologia e parceiros industriais) e refinamento contínuo dos requisitos. As discussões realizadas permitiram reduzir riscos de retrabalho, ajustar modelagens conceituais e fortalecer a aderência do sistema à realidade operacional do campo.

Do ponto de vista tecnológico, a macroentrega evidenciou:

- Consolidação da arquitetura de comunicação com hardwares industriais
- Estruturação da rastreabilidade operacional
- Estabilização dos módulos centrais do sistema
- Implantação em ambiente de homologação e produção
- Refatorações estruturais orientadas à integração com o CLP

Embora tenham sido identificados pontos de ajuste e dependências técnicas — inerentes a processos de integração com sistemas industriais — tais aspectos contribuíram para o amadurecimento da solução e para a definição clara das próximas etapas de evolução.

A MacroEntrega II, portanto, não apenas cumpriu seus objetivos técnicos, como também elevou o nível de maturidade do IAGRO, posicionando-o em um estágio avançado de validação funcional integrada e preparando o projeto para a fase de estabilização operacional, expansão de funcionalidades e escalabilidade em ambiente produtivo real.

7. TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados alcançados nesta macroentrega e as dependências técnicas identificadas, os próximos passos do Projeto IAGRO contemplam:

7.1 Continuidade da Integração com o PIMS

Dar sequência ao processo de integração com o sistema PIMS, destacando que a equipe técnica do projeto já elaborou a documentação técnica da API necessária para viabilizar a interoperabilidade entre os sistemas. O próximo passo consiste na apreciação e validação por parte dos times de TI das usinas, bem como na definição das estratégias de autenticação, sincronização e governança de dados.

7.2 Evolução e Consolidação dos Dashboards

Prosseguir com a construção e refinamento dos dashboards operacionais e gerenciais, contemplando:

- Indicadores de volume de calda por hectare
- Rastreabilidade das Ordens de Serviço
- Controle de divergências de estoque
- Indicadores de desempenho operacional

O objetivo é consolidar uma camada de Business Intelligence que permita tomada de decisão orientada a dados.

7.3 Estudos e Definições para Técnicas de Rastreamento

Realizar estudos técnicos e definições metodológicas para implementação de técnicas de rastreamento, envolvendo:

- Integração com GPS de caminhões
- Registro temporal e georreferenciado das operações
- Correlação entre execução de receita e deslocamento
- Regras de consistência entre volumetria aplicada e área atendida

7.4 Definição de Requisitos para Relatórios Gerenciais

Estruturar, junto aos stakeholders, os requisitos formais para geração de relatórios gerenciais e estratégicos, contemplando:

- Consolidação mensal de aplicações
- Histórico de consumo por centro de custo
- Eficiência operacional
- Rastreabilidade completa das receitas executadas

7.5 Aprimoramento do Supervisório e Integração com o Smart Calda

Dar continuidade ao aprimoramento do módulo de supervisório, incluindo:

- Refinamento das regras de intertravamento
- Ajustes de UX e segurança operacional
- Restrição de funcionalidades sensíveis ao ambiente in loco
- Evolução das rotinas de sincronização com o CLP

7.6 Integração Avançada entre Receita, Rastreamento e Equipamento

Aprimorar a integração sistêmica entre:

- Receita configurada
- Execução física no equipamento
- Registro de rastreamento
- Atualização automática de estoque
- Geração de dados para BI

O objetivo é garantir total coerência entre planejamento, execução e controle, promovendo rastreabilidade ponta a ponta e confiabilidade dos dados operacionais.

8. 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 RSC (Soriano Gestão e Projetos Ltda.), pela parceria técnica e acompanhamento contínuo das atividades. À Usina da Pedra, pela colaboração nas validações operacionais e pelo alinhamento às demandas do setor produtivo.

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.