

# **Sistema para Controle e Monitoramento de Produção em Indústria de Acessórios para Móveis**

**Erick Nagoski<sup>1</sup>, Rogério Xavier de Azambuja<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias do Rio Grande do Sul –  
Campus Farroupilha - 95.174-274 - Farroupilha – RS – Brasil**

**ericknagoski@gmail.com, rogerio.xavier@farroupilha.ifrs.edu.br**

***Abstract.** To modernize production processes and reduce production costs to offer competitive prices in a market with a high volume of imports, companies have been investing in modern digital solutions to improve their operations. This article describes the development, implementation, and results achieved with a computerized system for controlling and monitoring production in an industry manufacturing furniture fittings. The project was developed as a web application to ensure compatibility with various devices. It utilizes sensors connected to production resources for data collection, which aids in production planning and control.*

***Keywords:** Web Development, Production Management, MES (Manufacturing Execution System) System, Production Control and Monitoring*

***Resumo:** Na modernização dos processos industriais e redução de custos de produção a fim de ofertar preços competitivos em um mercado com grande volume de importações, empresas têm investido em soluções digitais modernas para melhorar suas operações. Este artigo descreve o desenvolvimento, implementação e resultados obtidos de um sistema informatizado para controle e monitoramento da produção em uma indústria de acessórios para móveis. O projeto foi desenvolvido em formato de aplicação Web para compatibilidade com diversos dispositivos e utiliza sensores conectados aos recursos de produção para coleta de dados que auxiliarão no planejamento e controle de produção.*

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Web, Gestão de Produção, Sistema MES (Sistema de Execução de Manufatura), Controle e Monitoramento de Produção

## **1 Introdução**

Em tempos em que o termo indústria 4.0 e Inteligência Artificial (IA) são assuntos muito comentados no meio corporativo e feiras de inovação, existem muitas empresas que estão longe dessa realidade. Mesmo em 2025, a situação da indústria Brasileira encontra-se semelhante a descrita em publicação da Firjan em 2016, “[...] a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação) [...]”.

A situação descrita também foi identificada na empresa selecionada para a implementação do presente projeto de conclusão de curso de graduação, em que, atualmente toda a produção da empresa é controlada por registros manuais em documentos físicos e posteriormente digitalizados, gerando demanda de trabalho do setor de planejamento e controle de produção (PCP) para incluir os dados no sistema de planejamento de recursos empresariais (ERP). Este modelo de controle torna-se ineficiente para consulta de informações atualizadas, para o planejamento de produção e acompanhamento de produção.

O projeto de automatização teve como proposta a introdução de avanços tecnológicos no ambiente fabril, através da implementação de internet das coisas (IoT) para monitoramento de produção e dispositivos com sistema interligado diretamente com o sistema ERP para registro de produção pelos operadores de máquinas. Neste momento, o desenvolvimento é voltado para o setor de encartelados, responsável pela montagem de kits de componentes para a montagem de móveis, com a intenção futura de interconectar todos os setores da fábrica matriz e futuramente de todas as unidades do grupo fabril.

Os benefícios esperados que podem ser destacados com o desenvolvimento e aplicação do projeto são ampliar as informações coletadas durante os processos de fabricação, disponibilizar consultas de informações em tempo real, auxiliar na tomada de decisões, reduzir a circulação de papéis, retirar do operador a necessidade do preenchimento manual de diversos documentos e encerrar a necessidade de digitalização posterior de documentos preenchidos durante a fabricação.

A seguir serão apresentadas mais 5 sessões neste artigo em que o projeto de automatização é descrito; o referencial teórico na seção 2 com apresentação de estudos sobre o tema; na seção 3 os procedimentos metodológicos apresentando a metodologia aplicada no estudo de processos e as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento; a seção 4 apresenta o desenvolvimento do projeto abordando a modelagem do sistema de acordo com a análise de requisitos e a sua implementação. A seção 5 mostra os resultados obtidos e, por final, a conclusão é apresentada na seção 6.

## 2 Referencial Teórico

Enfrentando um mundo cada vez mais globalizado a indústria nacional necessita se manter competitiva no mercado buscando alternativas para redução de custos, diminuição de prazos de entrega, melhoria de qualidade e agilidade às demandas de mercado. Além disso, em mercado interno é necessário manter uma boa posição com diversas áreas e processos, dentre eles, vendas, compras, desenvolvimento de produtos, produção, etc. (Bochi, 2018).

Na indústria do futuro, as máquinas, com a sua comunicação, integração e conectadas entre si com sofisticados softwares e sensores, irão difundir as tecnologias da manufatura avançada para os demais setores da economia (De Lima et al. 2018, p.14). No decorrer do tempo após a terceira revolução industrial com a criação do Sistema Toyota de Produção, a eletrônica evoluiu, tornando-se mais barata e acessível. Neste cenário, surgem os controladores lógicos programáveis (CLP), facilitando a automação industrial e vinculando a Tecnologia da Informação (TI) com o parque fabril permitindo maior controle de informações sob a produção (De Lima et al. 2018, p.14).

Em 2011 na cidade de Hannover na Alemanha, surge um novo conceito de indústria denominada Indústria 4.0 do alemão *Industrie 4.0*, como parte da estratégia do governo alemão para o desenvolvimento de alta tecnologia de manufatura (Firjan, 2016). De acordo com Pereira (2018) e Kagermann; Wahlster; Helbig (2013), o termo indústria 4.0 também é chamado de Quarta Revolução Industrial, após três revoluções resultantes do acréscimo da mecanização, eletricidade e tecnologia da informação nos processos de manufatura.

A tecnologia da informação chega na indústria 4.0 para auxiliar a gestão de negócios através da coleta de dados e apresentação de informações. Na prática, são necessários diversos módulos de gerenciamento para interconectar todos os processos desde a inclusão de um pedido até o seu despacho final. Dentro destes módulos estão os sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP) e os sistemas denominados sistemas de execução de manufatura (MES).

Os sistemas MES são sistemas implantados no ambiente de chão de fábrica das empresas de manufatura para auxiliar na medição, monitoramento, manipulação da produção, pessoas, produtos e processos relacionados a produção (Cattaruzzi; Chicaroli, 2004).

Como citado em Souza et al. (2021), adquirir dados precisos e confiáveis de máquinas e seus componentes é o primeiro passo no desenvolvimento de uma plataforma digital. Os dados podem ser medidos diretamente por sensores ou obtidos de controladores. Neste cenário identificado, os sistemas MES contribuem apoiados pelo campo de automação industrial, controladores IOT que interagem com os recursos de produção, são fundamentais para realizar processos controlados na fabricação de produtos, manuseio de materiais, processamento de lote, tratamento de resíduos e outros processos.

## 3 Procedimentos Metodológicos

### 3.1 Tecnologias

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste projeto são apresentadas a seguir e foram definidas conforme as tecnologias já utilizadas anteriormente pela empresa implantadora deste projeto e de acordo com alguns requisitos necessários para o seu desenvolvimento.

O desenvolvimento foi direcionado para a plataforma Web, permitindo a execução do sistema diretamente em navegadores, sem a necessidade de instalação local. Dessa forma, o acesso pode ser realizado por qualquer dispositivo com suporte à navegação Web, como microcomputadores, *smartphones*, *tablets* e televisores.

Essa aplicação é acessada por meio da rede de dados interna da empresa, uma rede de área local (LAN), caracterizando-se como um sistema *intranet* em ambiente de rede privada (Tanenbaum; Feamster; Wetherall, 2021).

#### 3.1.1 Hardware

O projeto fez uso de alguns dispositivos para operação do sistema de integração proposto. Na parte de contato direto com a máquina monitorada foi instalado um dispositivo IOT chamado de Khomp Nit20Li (*endpoint*) para realizar leituras analógicas do equipamento identificando o *status* de atividade e a contagem de produção.

O dispositivo *endpoint* realiza o envio dos dados coletados através do protocolo de comunicação LoraWAN, uma combinação de siglas traduzidas do inglês, *Long Range* (LoRa) e *wide area network* (WAN) (Tanenbaum; Feamster; Wetherall, 2021). Para receber os dados enviados por LoraWAN torna-se necessário o dispositivo Khomp ITG 200, um *gateway* que recebe o sinal LoraWAN e converte seus dados para envio através da rede LAN comum.

A interface do sistema disponibilizada para os operadores é acessada por meio de um *tablet* fixado diretamente à máquina, utilizando um suporte metálico projetado pela própria empresa. Embora o corte das chapas metálicas tenha sido realizado por um fornecedor externo, os processos de dobra, montagem e pintura dos suportes foram executados internamente, nos setores de ferramentaria e pintura da empresa. Foram cotados aproximadamente 40 *tablets* do modelo Samsung A9 para aplicação no sistema.

Para acompanhamento de produção e visualização do estado atualizado das máquinas um televisor Philco 43” foi instalado na sala de PCP, exibindo um quadro com todos os recursos de produção conectados ao sistema proposto.

#### 3.1.2 Software

O sistema a ser desenvolvido utilizará os mesmos recursos de linguagens de desenvolvimento de software já utilizados pela empresa para desenvolvimento interno, nestas condições foram utilizadas:

**JavaScript (JS):** Linguagem leve, interpretada e baseada em objetos com funções de primeira classe, mais conhecida como a linguagem de *script* para páginas Web;

**TypeScript (TS):** Linguagem de programação fortemente tipada que se baseia em JavaScript, oferecendo melhores ferramentas em qualquer escala;

**PL/SQL:** Linguagem processual projetada especificamente para incluir instruções SQL em sua sintaxe. As unidades de programa PL/SQL são compiladas pelo servidor do Oracle Database e armazenadas no banco de dados.

Junto às linguagens de programação, foram utilizados alguns *frameworks*, um conjunto de bibliotecas de componentes e funcionalidades que auxiliam no desenvolvimento. Os *frameworks* no *frontend* — interfaces de interação com usuário — e *backend* — parte do sistema executada apenas no servidor da aplicação — utilizados foram:

- **Frontend**

- **ReactJs:** Biblioteca JavaScript popular para criação de interfaces de usuário dinâmicas e reativas.
- **NextJs:** *Framework* React para construir aplicativos web *full-stack*, utilizando React Components para construir interfaces de usuário, e Next.js para recursos e otimizações adicionais.
- **Material-UI:** Biblioteca de componentes de interface para React, baseada nas diretrizes do Material Design.

- **Backend**

- **NodeJS:** Ambiente de execução JavaScript no lado do servidor, ideal para construir aplicações escaláveis.
- **NestJs:** Framework NodeJS baseado em TypeScript que utiliza uma arquitetura modular para construir APIs escaláveis.

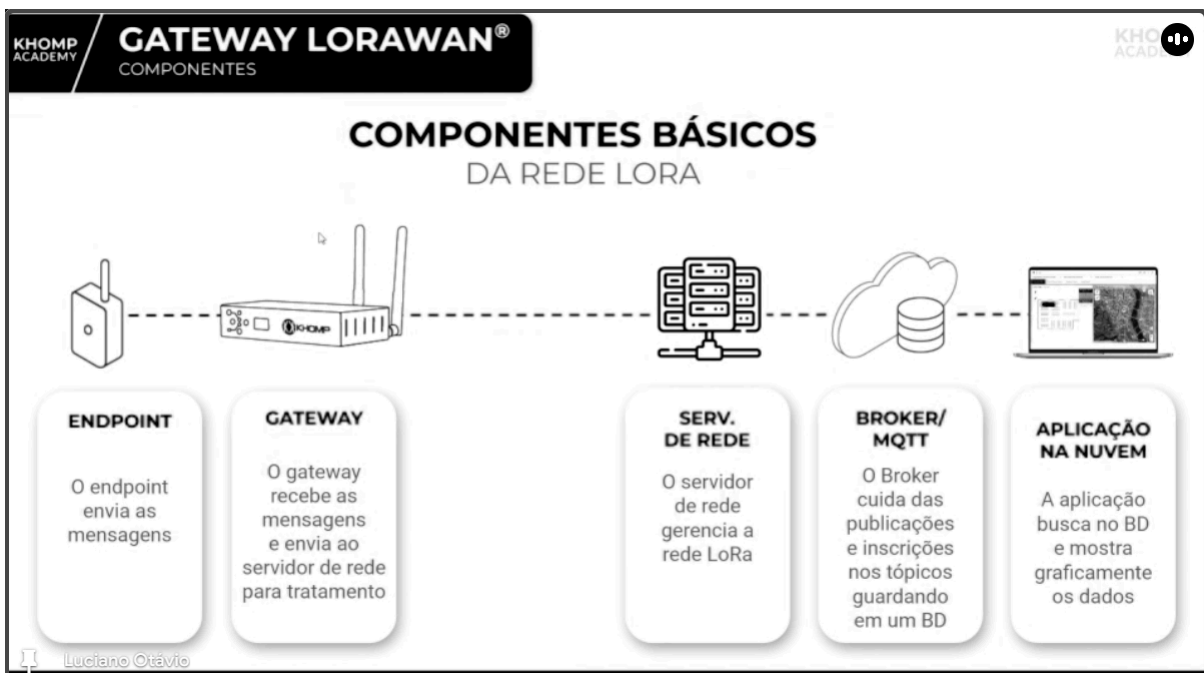
### 3.1.3 Armazenamento de Dados

O sistema a ser desenvolvido possui o requisito de comunicação com o sistema ERP da empresa, desta forma, foi utilizado o banco de dados principal da empresa onde já está alocado o ERP para consolidação de informações, utilizando o Oracle Database, um banco de dados relacional com recursos avançados de segurança, integridade e recuperação de dados, ideal para aplicações empresariais com grande volume de dados (Hotka, 2002).

Para salvar as configurações de usuários e variáveis necessárias em tempo de execução, foi utilizado o *Local Storage* do navegador.

### 3.1.4 Servidor de comunicação IOT

Após receber os dados dos *endpoints* o dispositivo *gateway* envia esses dados via protocolo *message queuing telemetry transport* (MQTT) para o servidor interno de aplicações. Neste servidor é configurado um *broker* MQTT para leitura dos dados recebidos e gravação no banco de dados, os quais serão posteriormente consultados para extração de informações e geração de relatórios (Figura 1).



**Figura 1. Comunicação entre dispositivos da rede IOT**

Através da estrutura constituída por *endpoints*, *gateways*, servidor, *broker* MQTT e aplicação, é possível coletar os sinais digitais e analógicos das máquinas de produção e levar em forma de informação para a aplicação utilizada para a gestão de recursos de produção.

## **4 Desenvolvimento**

### **4.1 Modelagem**

A modelagem do sistema teve início através da análise de requisitos realizada com base no processo de produção existente no setor escolhido (Apêndice 1), com a premissa de realizar o mínimo de alterações possíveis no processo de produção.

O processo parte da chegada do pedido no setor. É identificado o código de referência dos produtos, após, ele é destinado para as linhas de montagem automáticas para produção de kits de componentes menores. Caso não seja finalizado nesta área, ele é direcionado para as linhas de montagem manuais e/ou semiautomáticas até ser montado o kit completo do produto final.

#### **4.1.1 Análise e Classificação dos Requisitos**

##### **Requisitos Funcionais (RF):**

**RF1:** Líder de setor programa os pedidos;

**RF2:** Ponta de linha registra usuário;

**RF3:** Ponta de linha inicia produção do pedido;

**RF4:** Ponta de linha inicia produção de referência;

**RF5:** Ponta de linha registra motivo de parada;

**RF6:** Ponta de linha registra dados de produção.

**RF7:** Supervisor e líder de setor podem consultar os dados coletados;

**RF8:** Supervisor cadastra e remove pontas de linha.

**RF9:** Supervisor e líder de setor podem monitorar as máquinas

##### **Requisitos Não Funcionais (RNF):**

**RNF1:** Ponta de linha informará uma observação no motivo de parada quando os motivos cadastrados não forem suficientes para descrever a situação.

**RNF2:** Ponta de linha irá interromper a produção da referência antes do término por motivos maiores.

**RNF3:** Ponta de linha irá interromper a produção do pedido antes do término por motivos maiores.

**RNF4:** Líder de setor pode cadastrar e remover motivos de parada.

**RNF5:** Supervisor e líder de setor podem definir ordem prioritária de produção.

##### **Requisitos de Sistema (RS):**

**RS1:** O sistema deverá funcionar via navegador web.

**RS2:** O sistema deve validar os pedidos antes da programação de produção.

**RS3:** O sistema deve ser acessível apenas em rede interna da empresa.

**RS4:** Ponta de linha deve ser cadastrado com número único e matrícula.

##### **Regras de Negócio (RN):**

**RN1:** A produção de um pedido será iniciada somente após a programação pelo líder de setor.

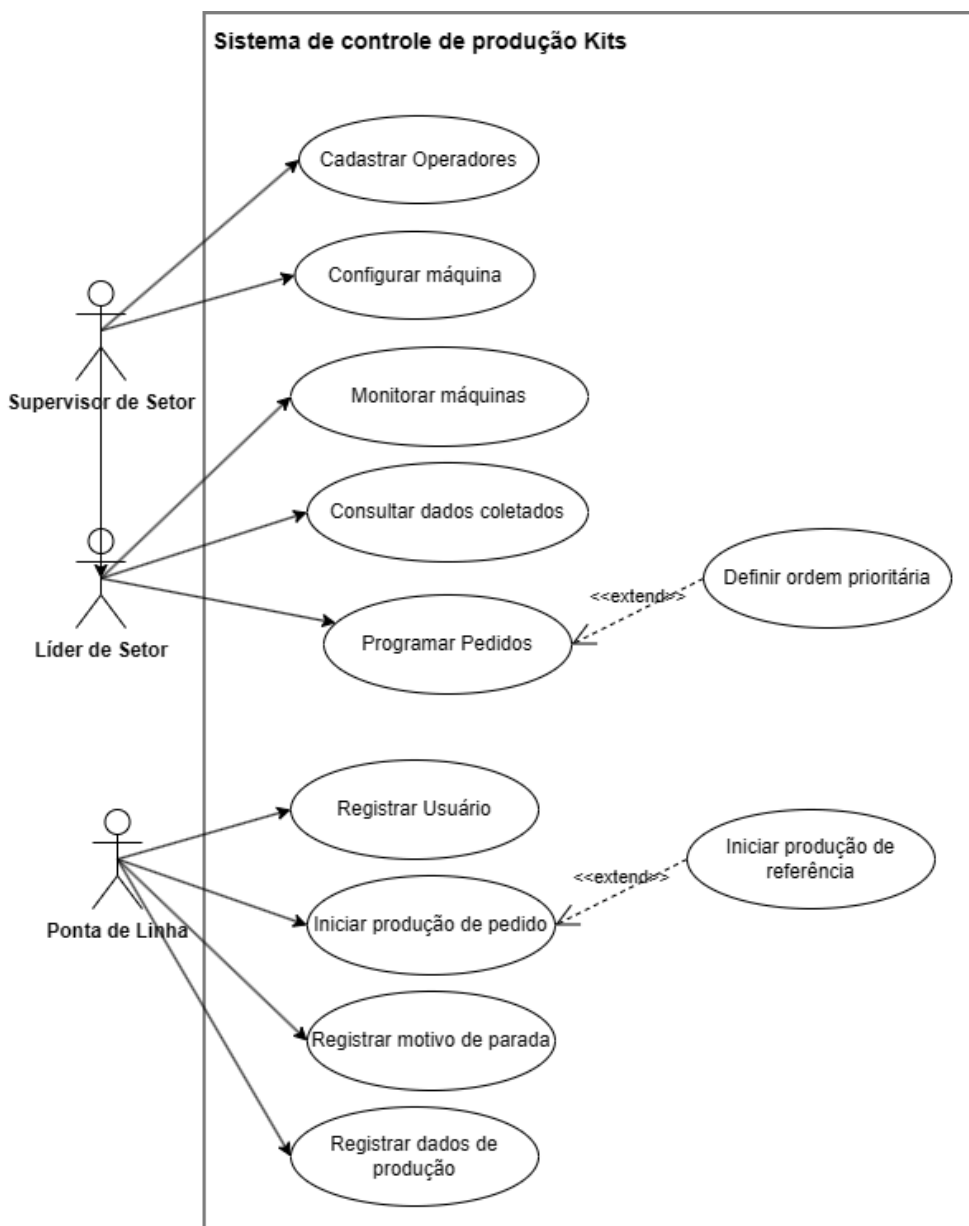
**RN2:** Deverá ser informado a ponta de linha responsável pelo controle da produção.

**RN3:** A quantidade produzida não deve ser excedente à solicitada no pedido.

**RN4:** A ponta de linha deverá informar o motivo da parada em todos os momentos cujo a máquina pare por mais de 10 minutos.

#### 4.1.2 Casos de Uso

Na sequência de modelagem do sistema é de grande relevância o desenvolvimento do diagrama de casos de uso (Figura 2) para identificar os atores do sistema a as principais funcionalidades a serem desenvolvidas.



**Figura 2. Diagrama de Casos de Uso**

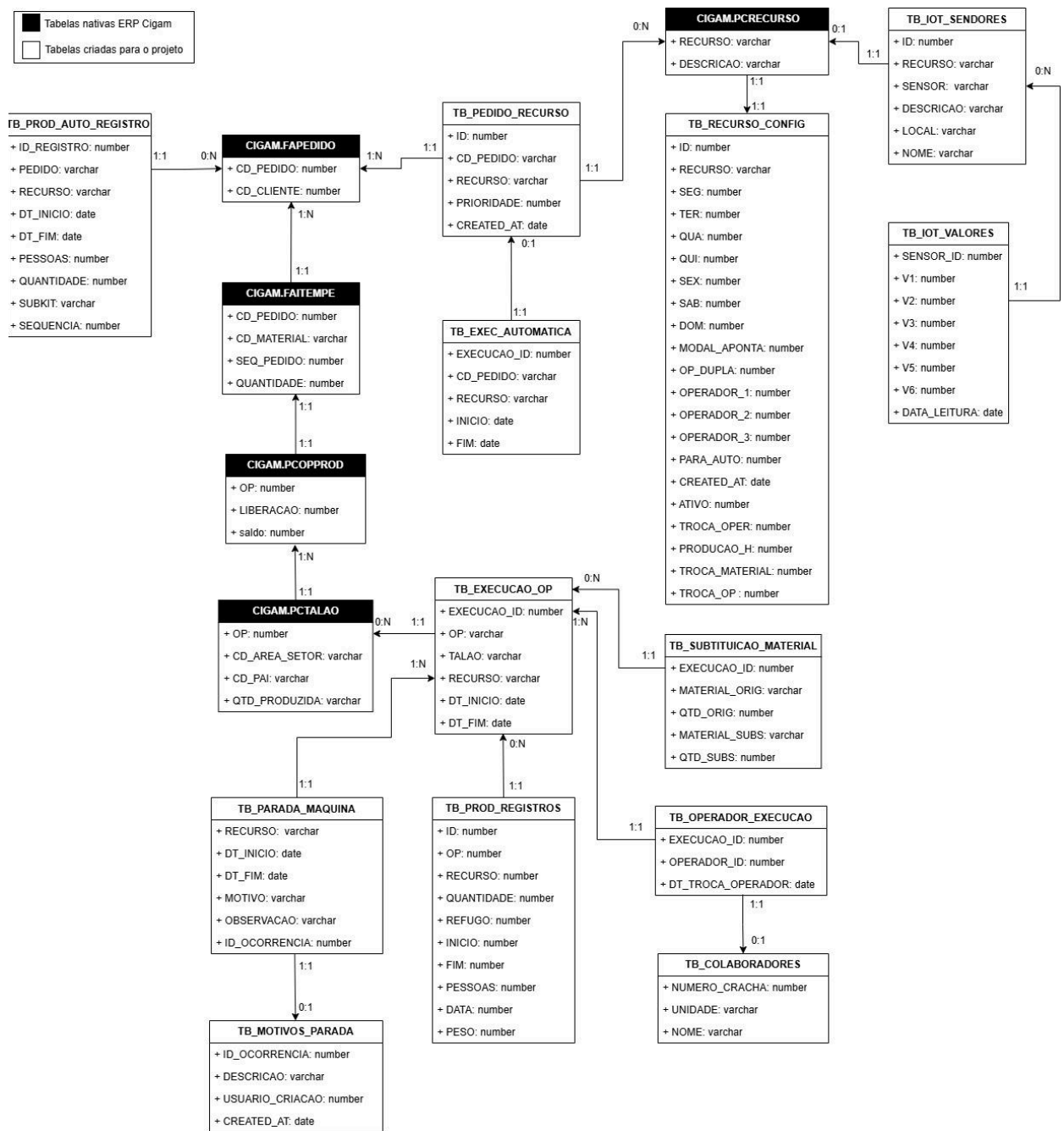
No diagrama estão representados três atores principais que utilizarão o sistema, partindo do nível mais baixo de permissões, está o ator Ponta de Linha, que representa o operador responsável por uma linha de produção. Este ator tem acesso a funcionalidades básicas ligadas ao registro de produção, identificação do responsável pela operação, registros de início e término de produção, registro de interrupções de produção e registro de quantidade produzida.

O ator Líder de Setor é responsável pelo monitoramento dos recursos produtivos e do controle de qualidade dos dados registrados através da consulta destes. Além do monitoramento, o líder de setor também é responsável pelo alocamento de pedidos na linha de produção adequada.

Por fim, o ator de maior nível de permissões o Supervisor de Setor possui acesso a todas as funcionalidades de Líder de Setor acrescido das funcionalidades de cadastro de operadores e configurações relacionadas a cada linha de produção.

#### **4.1.3 Entidade Relacionamento**

O sistema desenvolvido neste projeto terá grande volume de dados gerados, estes dados necessitam ser armazenados no banco de dados a fim de realizar consultas posteriores. Um diagrama entidade relacionamento (Figura 3) representa as entidades desenvolvidas e o relacionamento com as entidades do ERP Cigam.



**Figura 3. Diagrama Entidade-Relacionamento**

Vinculado ao sistema ERP Cigam que contém as informações de pedidos da empresa o sistema MES necessitará acrescentar entidades no banco de dados para registros execuções de produção, dados coletados pelos dispositivos IOT, alocação de pedidos para produção, configurações de sistema, usuários e interrupções de produção.

## 4.2 Implementação

O sistema desenvolvido foi subdividido em três módulos de execução de acordo com os níveis de acesso do usuário e os processos produtivos onde será utilizado.

O primeiro e mais abrangente corresponde à área administrativa que realiza a gestão do setor. Este módulo possui o maior nível de permissão de acesso e é responsável pelas configurações operacionais do sistema, cadastro de usuários, além do controle e monitoramento da produção.

Os próximos dois módulos estão relacionados à operação direta no chão de fábrica. O segundo presente no sistema é o “módulo de produção automática”, que está conectado à máquinas de operação automática, dependendo apenas de um operador por máquina para realizar o abastecimento e supervisão da produção. Nesta área, o processo de controle da produção requer menos detalhamento dos dados coletados por ser o início do processo produtivo.

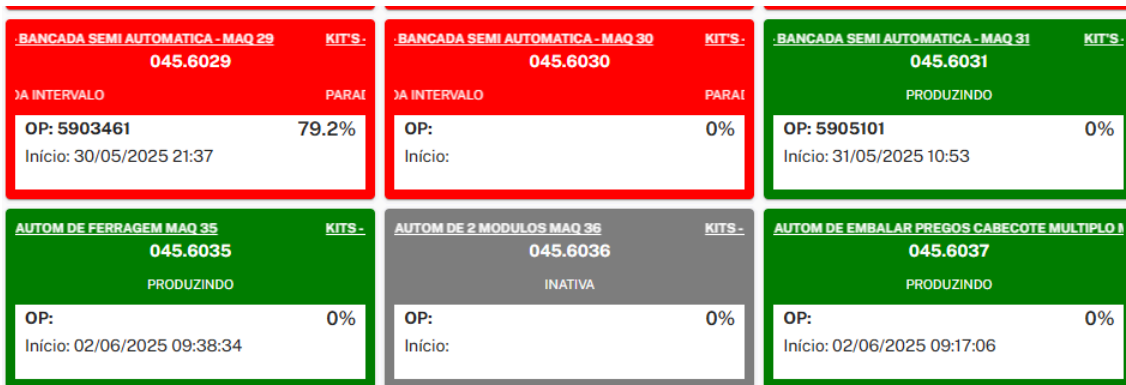
O terceiro módulo, denominado “módulo de produção semiautomática e manual”, é utilizado na coleta de informações mais detalhadas sobre o processos produtivos mais onerosos, devido ao seu uso em linhas de produção semiautomática ou totalmente manuais operadas com a presença de três a seis funcionários por linha de produção. Esta área de produção realiza a finalização do pedido, tornando essencial registros pontuais de tempo de produção, andamento do pedido e qualidade.

### 4.2.1 Módulo Administrativo

O módulo administrativo possui abrangência geral sobre toda a operação de produção do setor, reunindo diversas informações e ferramentas para planejamento e controle. Seu acesso é restrito a usuários com nível de supervisor, líder de setor e a integrantes de outros setores da empresa diretamente relacionados à produção, incluindo engenharia de produto, análise de custos, expedição, vendas e direção da empresa.

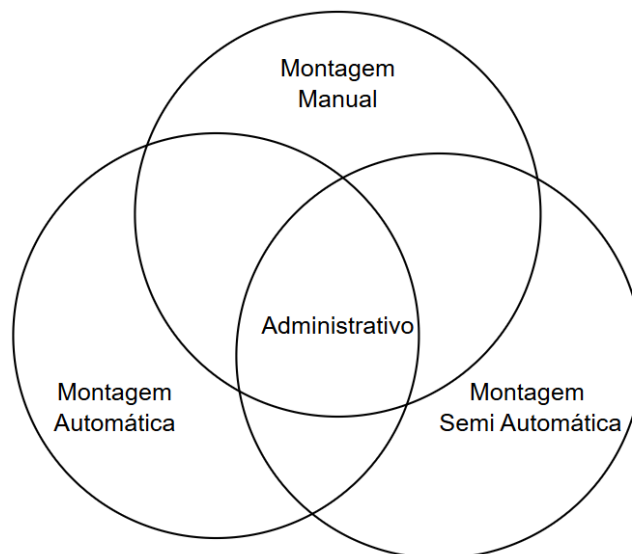
A segurança de acesso aos dados disponibilizados e funcionalidades restritas é feita através de autenticação utilizando usuário e senha previamente cadastrado no sistema pela equipe de TI, a autenticação conta com validação via JSON Web Token utilizando um algoritmo criptográfico de *hash* simétrico de 256 *bits*, o SHA-256. Em conjunto ao *login*, o usuário deve possuir a permissão específica de administração do setor, que também é fornecida pela equipe de TI. Essa permissão é verificada no *backend* realizando bloqueio na consulta dos dados antes de fazer a conexão com o banco de dados. No *frontend*, a permissão é utilizada tanto para a renderização condicional de componentes quanto para o bloqueio de interfaces administrativas.

Na interface principal estão dispostas todas as linhas de produção existentes em cada área de montagem, bem como sua fila de pedidos para execução, informações sobre o produto e pedido que está sendo produzido no momento, nome do operador responsável, data de início, previsão de conclusão, porcentagem concluída e estado da linha de produção se ativa ou parada (Figura 4).



**Figura 4. Representação de Linha de Produção na Interface Administrativa**

Os pedidos liberados para produção pelo setor comercial são listados de acordo com prioridades, data de entrega e disponibilidade de estoque para produção. Após a seleção de quais pedidos serão enviados para produção, o PCP gera um arquivo de desdobramento de pedidos, agrupando todos os itens selecionados em um relatório que contém código, descrição e quantidade de componentes para separação de estoque. Cada pedido é formado com itens de nível 3 de engenharia, esses itens, podem conter componentes de nível 2 e nível 1. Para gerar o relatório de desdobramento de pedidos é necessário filtrar os itens de acordo com o nível hierárquico de engenharia, na sequência, realizar uma decomposição de itens nível 3 e 2 para seus respectivo componentes de nível 1, multiplicando pela quantidade necessária para produção dos itens de nível superior, desta forma é gerado o relatório com itens primários que serão agrupados em níveis superiores nas áreas onde é executado o módulo 2 ou 3 do sistema, sendo que cada pedido pode passar por uma, duas ou as três áreas de produção (Figura 5),



**Figura 5. Diagrama de Áreas de Montagem**

A partir da visualização de disponibilidade e necessidade das linhas de produção o supervisor ou líder de setor realiza o vínculo do pedido a uma ou mais linhas de produção dispostas entre as três áreas de montagem. A identificação do pedido ocorre pela digitação do seu código que é verificado junto ao sistema ERP para validação do código e *status* de liberação para produção, após a alocação do pedido à linha de produção correspondente, ou às linhas necessárias, ele é direcionado para os módulos seguintes do sistema operados no chão de fábrica.

Embora a liberação de pedidos e a vinculação às linhas de produção sejam as funcionalidades centrais, o módulo também oferece interfaces adicionais que auxiliam na tomada de decisões e ferramentas para gestão da produção. A interface de registros de produção é uma das mais utilizadas para programação de produção e conferência de informações, nela estão contidos os dados sobre pedidos abertos em aguardo de produção, registros de pedidos atrasados, histórico e quantidade geral de produção do setor. Ainda no tema de interfaces de informações, o sistema disponibiliza dados registrados de consumo de materiais de estoque, auxiliando na gestão de estoque e solicitações para reposição.

Outras duas ferramentas são disponibilizadas mediante permissão administrativa, o cadastro de operadores compartilhados entre os módulos 2 e 3 e o cadastro de possíveis motivos de parada de produção que deverão ser informados pelos operadores.

Ao abrir a interface respectiva de cada linha de produção, algumas informações individuais são exibidas, o histórico de produção, o registro de eficiência de ociosidade, o histórico de registro de paradas de produção, a fila de pedidos programados para produção e por fim as opções de configuração para linhas que utilizam o módulo 3 (Apêndice 2).

#### **4.2.2 Módulo de Produção Automática**

Este módulo do sistema atua na etapa inicial da produção dos pedidos. Nessa fase, todos os componentes de nível 1 de engenharia são agrupados em itens de nível 2, conforme os requisitos técnicos para a formação dos itens finais de nível 3.

Os pedidos e guias de montagem chegam até os operadores das linhas através de uma folha de papel que contém os dados do pedido, o item que deve ser montado, quais os componentes que devem ser utilizados e as quantidades necessárias. O operador utilizando o tablet fixado na máquina inicia a produção digitando o número do pedido no sistema. Esse número é validado junto à base de dados do ERP e, se liberado, inicia automaticamente a contagem do tempo de produção e exibe os dados do pedido e do item na tela do tablet (Figura 6).

**Escolha uma opção**

<b>Produzir Pedido</b> Produzir ou finalizar referências completas do pedido	<b>Produzir Subkit</b> Produzir lado do kit (A, B, C ...)
---	--

**Pedido: 3023024**  
Sequência: 1

Cliente:   
Referência: MABA3230  
Quantidade: 100  
Data Inicio Produção: 02/06/2025 09:38:34

Quantidade de pessoas



**Parar Produção Da Referência**

**Figura 6. Interface do Módulo 2**

A área de produção automática requer um número reduzido de operadores, sendo necessário apenas um por linha de montagem. Conseqüentemente, o custo de produção também é menor, e o volume de dados a ser coletado pelo sistema é limitado.

O objetivo principal do sistema nessa área é a coleta precisa de dados sobre o tempo gasto para a produção de cada pedido. Outras variáveis utilizadas no cálculo do custo, como a quantidade de operadores e a quantidade produzida — que deve ser exatamente a solicitada —, já estão presentes na base de dados do sistema ou são fixas, tornando dispensável o operador informá-las.

Para o cálculo preciso das horas gastas na produção do pedido é importante que as interrupções de produção sejam registradas, pois, algumas interrupções programadas não devem ser atribuídas ao custo do produto, por exemplo, parada de almoço ou trocas de turno. Através da lista de opções de motivos de paradas disponibilizadas pelo líder ou supervisor do setor, o operador realiza o registro, iniciando a contagem de tempo no momento da parada da máquina e encerrando-a quando a produção é retomada. Além do motivo da parada que deve ser selecionado obrigatoriamente, também é disponibilizado um campo opcional para informar observações e abaixo dos campos de registro, é listado o histórico de paradas contendo os últimos 50 registros (Figura 7).

## Máquina Parada



Nova parada

Motivo:

Observação:

Confirmar Parada

Histórico de paradas

Início	Fim	Motivo	Obs
31/05/2025 11:21	02/06/2025 05:57	TÉRMINO DO TURNO	
31/05/2025 10:54	31/05/2025 11:21	DOBRAR ESQUEMA	
31/05/2025 10:03	31/05/2025 10:11	CONFERENCIA DO PRIMEIRO KIT	
31/05/2025 09:18	31/05/2025 09:19	CORTE DE TAPA FUROS	
31/05/2025 08:47	31/05/2025 08:50	TROCA DE FILME DA MÁQUINA	
31/05/2025 08:24	31/05/2025 08:31	CONFERENCIA DO PRIMEIRO KIT	
31/05/2025 07:46	31/05/2025 08:10	INTERVALO	
31/05/2025 06:26	31/05/2025 06:29	CONFERENCIA DO PRIMEIRO KIT	
31/05/2025 00:20	31/05/2025 06:19	TÉRMINO DO TURNO	
30/05/2025 22:30	30/05/2025 22:33	GINASTICA LABORAL	
30/05/2025 19:57	30/05/2025 21:11	INTERVALO	
30/05/2025 17:06	30/05/2025 18:56	DOBRAR ESQUEMA	
30/05/2025 16:51	30/05/2025 17:05	GINASTICA LABORAL	
30/05/2025 15:36	30/05/2025 15:47	ERRO DE CADASTRO(CONCERTO DE KITS)	

Figura 7. Interface para Registro de Parada e Consulta de Histórico

### 4.2.3 Módulo de Produção Manual e Semiautomática

O último módulo do sistema corresponde às linhas de montagem manuais e semiautomáticas, responsáveis pela finalização do processo produtivo. Essas linhas demandam quantidade maior de mão de obra devido seu baixo nível de automatização ou execução totalmente manual. Assim, torna-se necessário a coleta precisa de dados variados durante a produção.

As linhas manuais podem atuar tanto na fase inicial da produção — realizando montagens não compatíveis com as máquinas automáticas — quanto na etapa final, quando há necessidade de adicionar componentes maiores que essas máquinas não suportam. Quanto às linhas de montagem semiautomáticas, são utilizadas para finalização do produto. Após a produção nessa área, os produtos são embalados e encaminhados para o setor de expedição.

Os pedidos após serem designados para a linha de montagem pelo líder do setor, são exibidos na interface inicial do módulo 3, operado via tablet fixado na linha. No momento em que um operador “ponta de linha” selecionar um pedido, os dados são carregados na tela com a exibição da lista de itens que possui (Figura 8). Então, após a seleção do pedido, o operador deve selecionar a referência correspondente ao item que será produzido. Com o pedido informado e a referência selecionada, a contagem de tempo de produção é iniciada automaticamente no sistema.

## Programação de Produção



Pedido: 3020669

[Parar Produção Do Pedido](#)

Prior.	Op	Um	Qtd.	Saldo	Dt. Criação	Iniciar
FELP600 - K0531 - KIT FERRAGEM P600 TEKA						
1	5905101	MIL	0.16	0.16	27/05/2025	Iniciar
FELCC18TKC - K0767 - KIT FERRAGEM REF. CC18 TK/CH						
2	5905102	MIL	0.08	0.08	27/05/2025	Iniciar
FELP600PR - K0971 - KIT FERRAGEM P600 PRETO						
3	5905103	MIL	0.16	0.16	27/05/2025	Iniciar
FELR760 - K1104 - KIT FERRAGEM RACK SUNSET A760						
4	5905104	MIL	0.24	0.24	27/05/2025	Iniciar
FELP600ML - K1189 - KIT FERRAGEM P600 MEL						
5	5905105	MIL	0.165	0.165	27/05/2025	Iniciar
FELP600MN - K1190 - KIT FERRAGEM P600 MANCHESTER						
6	5905106	MIL	0.16	0.16	27/05/2025	Iniciar
FELP600EX - KIT FERRAGEM P600EX MEL						
7	5905107	MIL	0.135	0.135	27/05/2025	Iniciar

**Figura 8. Programação de Produção na Linha de Montagem**

Para o registro de produção e precisão dos dados neste módulo, é necessário que o operador responsável realize os apontamentos de produção no sistema através da interface de registro (Figura 9).

### Apontamento de Produção

Saldo em aberto 0,800 MIL

Quantidade produzida (UN)

---

Peso Unitário (Kg)

---

Quantidade de pessoas



Parar produção da OP

[Cancelar](#) [Gerar Apontamento](#)

**Figura 9. Componente para Apontamento de Produção**

Ao realizar o apontamento de produção, três informações devem ser informadas: a quantidade produzida, o peso unitário médio e a quantidade de operadores que trabalharam diretamente na montagem dos produtos.

Tanto as linhas manuais quanto as semiautomáticas dependem normalmente de três a seis operadores para a execução do trabalho. Devido ao número variável de operadores, ao realizar o apontamento de produção, a ponta de linha deve informar

quantas pessoas estavam envolvidas no trabalho, para que o cálculo de custo de produção utilize o número correto de operadores.

O peso médio unitário dos itens é obtido realizando a pesagem de três unidades do mesmo lote. Esse peso é utilizado para verificação de qualidade — através do peso é identificado se todos os componentes estão presentes — e consultas futuras em caso de problema na montagem dos itens, identificando lotes possivelmente com problemas.

Por fim, deve ser informada a quantidade produzida, que diferentemente do módulo anterior pode ser variável, com apontamentos parciais a fim de possibilitar a troca de item em produção antes da conclusão ou que o mesmo produto do mesmo pedido seja produzido por linhas diferentes simultaneamente. O campo de quantidade demanda que o sistema faça aplique validações e conversões, a validação aplicada neste campo não permite informar quantidade zero ou quantidade que ultrapasse a solicitada no pedido, quanto à conversão, ela é feita de quantidades de milheiro para unidade, pois, a engenharia dos itens é registrada no sistema ERP com unidade de milhar, enquanto o operador necessita informar a quantidade em formato unitário a fim de evitar erros humanos na conversão da quantidade registrada.

O apontamento de produção realizado no módulo 3 é integrado diretamente com as ordens de produção (OP) do sistema ERP. No momento que um registro é enviado, ele é diretamente adicionado ao registro de produção da OP e realiza uma baixa automática no estoque dos componentes utilizados. Para a execução correta da baixa automática de estoque é necessário que os componentes registrados no sistema sejam exatamente os que foram utilizados na prática, pois, na falta do componente especificado na engenharia do produto, este pode ser substituído por outro semelhante. Para garantir a baixa correta de estoque, o sistema disponibiliza uma interface que possibilita a alteração dos componentes utilizados para a montagem do item (Figura 10).

## Controle de Matéria Prima



Material	Um	Quantidade	
2001001545 - SACO RAFIA 60 X 110 C/IMPRESSAO (GRANDE)	UN	4	<input type="button" value="Substituir"/> <input type="button" value="Remover"/>
6002001002 - COPOLIMERO HETEROFASICO CP 442 XP	KG	16,5	<input type="button" value="Substituir"/> <input type="button" value="Remover"/>
6002001002 - COPOLIMERO HETEROFASICO CP 442 XP	KG	16.5 - Substituto	<input type="button" value="Substituir"/> <input type="button" value="Remover"/>
6002001007 - COPOLIMERO HETEROFASICO OFF - FEC 001 FER	KG	16.5 - Substituído	<input type="button" value="Substituir"/> <input type="button" value="Remover"/>
6002090005 - PIGMENTO BRANCO 005	KG	0,487	<input type="button" value="Substituir"/> <input type="button" value="Remover"/>

Figura 10. Interface para Troca de Componentes Utilizados

A troca de componentes também está diretamente vinculada ao sistema ERP, acessando as demandas originais da OP — componentes da engenharia do produto — e registrando a substituição do componente e a quantidade substituída. A integração entre o sistema de produção e o sistema ERP ocorre através da manipulação das tabelas de dados do ERP no banco de dados Oracle.

Anteriormente, todas as informações integradas com o ERP eram inseridas manualmente no sistema por um processo realizado pelo setor de PCP após a finalização da produção. Com a implementação do novo sistema de controle de produção esse processo posterior deixou de existir devido aos registros automáticos, assim, proporcionando redução de trabalho no setor de PCP e registro das informações em tempo de produção.

Assim como no módulo de produção automática, este módulo também permite o registro de paradas de produção. A operação para realizar o registro é exatamente como no módulo anterior, porém, as linhas de produção semiautomáticas possuem instaladas fisicamente o *endpoint* Nit20Li que envia o status da máquina em ativa ou parada para o banco de dados. Esse é avaliado a cada 5 minutos, caso o endpoint registre um status de parada durante esse intervalo, o sistema insere automaticamente uma parada de produção no histórico da máquina e exige que o operador informe o motivo da parada. No momento que o endpoint voltar a registrar o status de ativo, a parada automática é removida da tela do operador.

## 5 Resultados

O sistema apresentou resultados positivos no período observado, possibilitando a atualização dos registros manuscritos das linhas de produção. Com o uso de registros digitais, o setor de planejamento e controle de produção obteve acesso rápido e prático às informações de produção em tempo real e ao histórico de produção, que anteriormente à implementação do sistema, era necessário consulta no arquivo morto de fichas de produção manuscritas. Com o acesso facilitado, a tomada de decisão para programação de produção passou a ser ágil, permitindo identificar rapidamente a carga de trabalho programada em cada linha e eventuais atrasos na produção do pedido.

Através dos registros de parada de máquina é possível analisar o nível de ociosidade das linhas de produção e quais os motivos que geram ociosidade ou atrasos de produção. Nas máquinas que utilizam os *endpoints* conectados, o registro de parada de produção começou a ser muito preciso, principalmente em períodos de hora extra, esses horários não eram considerados no planejamento da produção dos pedidos, porém, através do registro de atividade das máquinas, esses horários podem ser calculados no valor de custo do produto.

A implantação do sistema nas linhas de produção também resultou no aumento de produtividade, devido a observabilidade em tempo real e a redução no preenchimento de fichas de produção. No setor de PCP os funcionários responsáveis pela digitalização das fichas de produção tiveram sua carga de trabalho reduzida possibilitando atuação em outras tarefas.

Por meio da análise dos dados coletados durante a produção dos pedidos, tornou-se possível avaliar itens com valor de custo de produção defasado que necessitava de reajuste. Também foi possível avaliar diferenças no processo produtivo e na utilização de recursos, revelando desvios em relação à engenharia estabelecida dos produtos.

## 6 Conclusão

O projeto propunha modernizar alguns processos de controle de produção por meio da implantação de um sistema digital e automatizado, adaptado à realidade da empresa. Este objetivo foi alcançado com o desenvolvimento e implantação de um sistema ajustado ao fluxo de processos já existentes no setor, promovendo benefícios como a otimização do tempo de produção e gestão, o aumento da confiabilidade dos dados, o apoio à tomada de decisão e a economia de recursos.

A redução da circulação de papel era um resultado muito esperado, e, com o sucesso nos testes e a assertividade nos registros, foi possível substituir gradativamente os documentos físicos, contribuindo também com a redução de custos operacionais e o impacto ambiental. Além disso, o setor de PCP relatou benefícios significativos, como a redução da carga de trabalho, a facilidade de consulta ao histórico de produção, o acompanhamento em tempo real das ordens em andamento e a rastreabilidade das paradas de produção.

A operacionalização do sistema permitiu a identificação de desvios entre a produção prática e a engenharia definida, o que levou à atualização de cadastros de máquinas, linhas de montagem e estruturas de produto. Essa análise dos dados coletados possibilitou identificar produtos com custos desatualizados, linhas com baixa eficiência e alocação inadequada de recursos. Os *endpoints* instalados nas máquinas foram essenciais para o registro automatizado de tempo de produção, embora a contagem de peças produzidas tenha sido deixada a cargo do operador, devido às particularidades do processo, como períodos de regulação.

A fase de implementação foi marcada por desafios relevantes. A integração direta com o ERP da empresa, realizada por meio da manipulação direta das tabelas do banco de dados Oracle, exigiu um estudo detalhado sobre o comportamento do sistema em relação à movimentação de estoque, leitura e atualização de ordens de produção e substituição de componentes. Por tratar-se de uma estrutura crítica, qualquer alteração equivocada poderia comprometer o funcionamento do ERP, o que tornou essa etapa uma das mais delicadas do projeto.

Outro desafio relevante foi a adesão dos operadores ao novo sistema. Inicialmente, havia receio quanto à possível sobrecarga de trabalho ou à interpretação de que o sistema seria utilizado como ferramenta de controle de produtividade individual. Tal cenário foi gradualmente revertido com a realização de treinamentos presenciais em três turnos e a constatação, por parte dos operadores, da praticidade do sistema e da eliminação de tarefas manuais. Ajustes na interface e melhorias funcionais — como a conversão automática de unidades — foram realizados com base em observações práticas durante a operação.

Um aspecto decisivo para o êxito da implantação foi a decisão estratégica da empresa de desenvolver o sistema internamente. Em vez de adaptar os processos a um software pronto, o sistema foi adaptado ao processo existente, preservando a lógica operacional consolidada e permitindo o desenvolvimento de uma solução modular,

personalizável e escalável. Embora isso tenha exigido atenção a inúmeras particularidades e exceções do ambiente fabril, o resultado foi um sistema que de fato atende às necessidades específicas da operação.

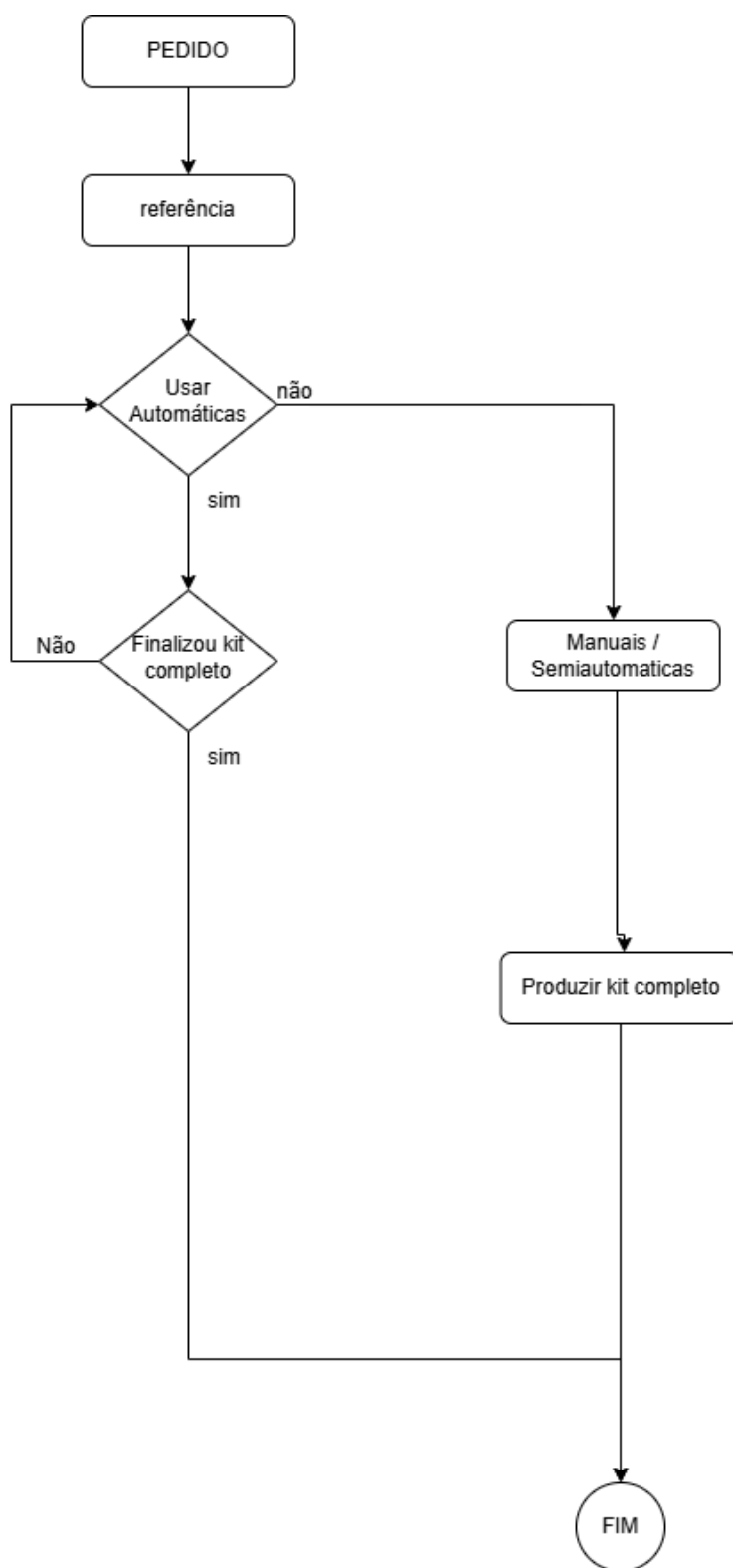
O setor de encartelados foi o primeiro a ser totalmente coberto pelo sistema. Paralelamente, dispositivos estão sendo testados em outros setores, e novos módulos de controle vêm sendo desenvolvidos considerando as particularidades de cada área. Essa flexibilidade, aliada ao controle dos custos de desenvolvimento, foi decisiva para a escolha de um projeto interno. Em setores já implantados, a produção das máquinas compatíveis é registrada diretamente via endpoint, cabendo ao operador informar apenas o item produzido e os motivos de paradas. Esse é o cenário esperado para todos os setores da organização após a implantação completa do sistema, que abrangerá 14 setores distintos, mais de 500 pontos de controle (Apêndice 2), quatro parques fabris e envolverá mais de mil colaboradores.

Dessa forma, o sistema desenvolvido representa um avanço significativo rumo à digitalização da produção industrial da empresa, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0 e abrindo caminho para uma gestão mais eficiente, transparente e orientada por dados.

## 7 Referências

- Balta.IO. (2024) “O que é um Framework” <https://balta.io/blog/o-que-e-um-framework>, Dezembro.
- Bochi, M. A. (2008) “Proposta de Um Modelo de Sistema MES Sob a Ótica de Recurso Estratégico Para a Gestão da Produção em uma Empresa de Manufatura de Autopeças”, <https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/2730/MarcoBochiAdministracao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Dezembro.
- Cattaruzzi, R. e Chicaroli, R. (2004) “Desenvolvimento de um Sistema MES”, <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/b69af098-4199-4941-926f-505a9598bae2/Ricardo%20Figueiroa%20Cattaruzzi%20-%20Rdrigo%20Chicaroli.pdf>, Dezembro.
- Firjan. (2016) “Indústria 4.0: Panorama da inovação” <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>, Dezembro.
- Hotka, D. (2002) “Aprendendo Oracle 9i”, p 1-2. Pearson.
- Kagermann, H, Wahlster, W. e Helbig, J. (2013) “*Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*”. National Academy of Science and Engineering, Frankfurt.
- Pereira, A. e Simonetto, E. O. (2018) “Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas Para o Brasil”. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, p. 1-11, Dezembro.
- Sacomano, B. e Lima, A. W. B. (2018) “Indústria 4.0: conceitos e fundamentos”. Blucher.
- Souza, K.L. Nascimento, I. B., Keine, S. e Fleig, R. (2021) “Desenvolvimento de um Sistema de Execução de Manufatura (MES) no Planejamento e Controle de Produção: Uma Aplicação da Indústria 4.0 no Processo de Fabricação de Tubos de Aço”. Produto & Produção, p. 25-44.
- Tanenbaum, A. S., Feamster, N. e Wetherall, D. J. (2021). Redes de Computadores, p. 10-17. Bookman.

## 7 Apêndices



Apêndice 1: Processo de produção

Parâmetrização de trabalho 045.6037 KITS - MAQ 37 - AUTOM DE EMBALAR PREGOS CAB MULT - MATRIZ




**Horas de trabalho diárias**

Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
1	1	1	1	1	1	0

**Operadores**

Troca automática de operadores



Operador 1º turno | Operador 2º turno | Operador 3º turno

**Fixadores**

Habilitar apontamento de refugo

Solicitar que operador informe a OP atual

Habilitar troca de OP antes da conclusão da atual

**Opções**

Executar duas ordens de produção

Parada automática em  minutos.

Permitir troca de matéria prima

Possui receita de fabricação (isomanta)

Exibir pedido em execução

Produção/hora

% Extra de produção sobre saldo

Contador booleano

Habilitar campo de observação

Máquina automática de kits

**Modal de apontamento de produção**

Nenhum  Opção 1  Opção 2  Opção 3  Opção kits

**Opção 1**

Apontamento de Produção

Quantidade produzida (UN)

Refugo:

Parar produção

Cancelar | Gerar Apontamento

**Opção 2**

Apontamento de Produção

Inicial:  Final:

Peças/Sortido:

Refugo:

Parar produção

Cancelar | Gerar Apontamento

**Opção 3**

Apontamento de Produção

Quantidade (UN)

Refugo:

Quantidade Etiquetas:

Parar produção

Cancelar | Gerar Apontamento

**Opção Kits**

Saldo em aberto: 70 UN

Quantidade produzida (UN)

Peso Unitário (Kg)

Quantidade de pessoas

Parar produção da OP

Cancelar | Gerar Apontamento

Cancelar | Salvar

Apêndice 2: Opções de Configuração do Módulo 3

