




DIGITALIZAÇÃO COM BASE EM ARQUITETURA RAMI E MES: ESTUDO DE CASO EM UMA MOVELARIA COMUNITÁRIA NA AMAZÔNIA

DIGITIZATION BASED ON RAMI AND MES ARCHITECTURE: A CASE STUDY IN A COMMUNITY FURNITURE FACTORY IN THE AMAZON

DIGITALIZACIÓN BASADA EN LA ARQUITECTURA RAMI Y MES: UN ESTUDIO DE CASO EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES COMUNITARIA EN LA AMAZONÍA

 <https://doi.org/10.56238/levv17n59-055>

Data de submissão: 28/03/2026

Data de publicação: 28/04/2026

Elisandra Maria Farias da Cruz

Pós-graduação Lato Sensu em Processos Produtivos Inteligentes
Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
E-mail: elisandrafariascruz@gmail.com

Sanna Kellen Damasceno Matos

Cursando Bacharelado em Engenharia de Software
Instituição: Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
E-mail: damascenosanna@gmail.com

Marcos de Souza Tavares

Graduando em Administração
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: marcostavaresgreen2024@gmail.com

Pedro Farias Goes de Souza

Graduado em Engenharia de Software
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: rhprojetodeinovacao@gmail.com

Manoel Ferreira Neto

Graduado em Engenharia de Software
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: manoelferreneto@gmail.com

Lucas Farias da Cruz

Graduado em Sistemas de Informação
Instituição: Universidade Federal do Amazonas
E-mail: lucasfariasdacruz@gmail.com



Marcos Vinicius da Silva e Silva

Pós-graduando em Arquitetura de Software, Ciência de Dados e Cybersecurity
Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)
E-mail: marcos.vinisoft@gmail.com

Juci Frank Lamarão Rodrigues

Mestrado profissional em Engenharia de Software
Instituição: Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR)
E-mail: jucifrank@hub-ueaa.org

José Anderson Bulcão Oliveira

Pós-graduado em Engenharia de Software com ênfase em qualidade e teste de software
Instituição: Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)
E-mail: andersonbulcao19@gmail.com

Mikaela Mikaeza Brandão de Souza

Graduada em Engenharia de Produção
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: mikaelabsouza@gmail.com

Manoel Fernandes Braz Rendeiro

Mestre em Educação em Ciências na Amazônia
Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
E-mail: mrendeiro@uea.edu.br

Rafael Jovito Souza

Doutor em Química
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina
E-mail: rjovito@uea.edu.br

Carlossandro Carvalho de Albuquerque

Doutor em Geografia
Instituição: Universidade Federal do Ceará
E-mail: cscarvalho@uea.edu.br

José Camilo Ramos de Souza

Doutor em Ciências obtido no Programa de Geografia - Geografia Física
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
E-mail: jcamilodesouza@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta a relação entre a arquitetura RAMI 4.0 com o Manufacturing Execution System (MES), a partir de um estudo de caso realizado em uma movelaria comunitária na comunidade do Carirí, onde se realizou a digitalização do processo com base nas aplicações citadas. O estudo se baseou em uma metodologia exploratória-descritiva, de caráter qualitativo por demonstrar um o interesse do próprio participante em obter resultados satisfatórios. E com isso, observou-se que as camadas de ativos físicos (como máquinas e sensores), de integração e comunicação (através da digitalização dos dados do chão de fábrica), e de informação e funcionalidade (por meio do planejamento, controle e monitoramento) estão diretamente correlacionadas no sistema. A camada de integração e comunicação, mostra diretamente a digitalização da produção, alcançando resultados satisfatórios e promissores para este e ou demais estudos futuros.

Palavras-chave: Digitalização. RAMI 4.0. Manufacturing Execution System (MES).

ABSTRACT

This article presents the relationship between the RAMI 4.0 architecture and the Manufacturing Execution System (MES), based on a case study conducted in a community-based woodworking shop in the Cariri community, where the production process was digitized using the mentioned applications. The study was based on an exploratory-descriptive methodology with a qualitative approach, reflecting the participant's own interest in achieving satisfactory results. As a result, it was observed that the layers of physical assets (such as machines and sensors), integration and communication (through the digitization of shop floor data), and information and functionality (through planning, control, and monitoring) are directly correlated within the system. The integration and communication layer directly demonstrates the digitization of production, achieving satisfactory and promising results for this and future studies.

Keywords: Digitization. RAMI 4.0. Manufacturing Execution System (MES).

RESUMEN

Este artículo presenta la relación entre la arquitectura RAMI 4.0 y el Sistema de Ejecución de Manufactura (MES), a partir de un estudio de caso realizado en una fábrica de muebles comunitaria en la región de Cariri, donde se llevó a cabo la digitalización del proceso mediante las aplicaciones mencionadas. El estudio se basó en una metodología exploratoria-descriptiva, de carácter cualitativo, que demostró el interés de los participantes por obtener resultados satisfactorios. Se observó que las capas de activos físicos (como máquinas y sensores), integración y comunicación (a través de la digitalización de los datos de la planta de producción) e información y funcionalidad (a través de la planificación, el control y el monitoreo) están directamente correlacionadas en el sistema. La capa de integración y comunicación demuestra directamente la digitalización de la producción, logrando resultados satisfactorios y prometedores para este y/o futuros estudios.

Palabras clave: Digitalización. RAMI 4.0. Sistema de Ejecución de Manufactura (MES).



1 INTRODUÇÃO

Com a virada do milênio, ocorreu a chamada Quarta Revolução Industrial, e vários progressos tecnológicos se sucederam, tanto nas áreas do digital, física e biológica. E nesse novo período de crescimento econômico, a digitalização alcança a manufatura utilizando novas tecnologias nas áreas dos processos produtivos, gestão e nos serviços, incentivando a elaboração de novas ideias de modelos de negócios em diferentes setores (Hasan; Reis, 2018).

Nesse sentido a surgimento de novas tecnologias, vem incentivando os avanços da Indústria 4.0, gerando novos padrões de sistemas de controle de produção (Enrique et al., 2022). Esses sistemas podem guardar, atuar e compartilhar informações, referente ao planejamento e controle da produção, ajudando na tomada de decisão dos gestores por facilitar a análise de diferentes dados (Beric et al., 2020). Dessa forma, a aplicação deles transforma as empresas deixando-as mais moldáveis e rápidas nos seus processos.

Esses softwares, que atualmente são chamados de Manufacturing Execution System (MES), se originou na década de 90, e pode gerenciar em tempo real toda a produção, diferente do sistema Enterprise Resource Planning (ERP) que só transmite as informações entre as áreas da empresa. O MES é capaz de realizar interligações entre o chão de fábrica e o software ERP, viabilizando os inputs dos sistemas de alto nível e os dados gerados pelos processos (Jorge, 2024).

As empresas que adotam as inovações estão à frente de muitas outras, se destacam por poder conduzir seus processos de forma mais eficiente e customizado, essa crescente fortalece que as organizações precisam investir em tecnologias para se destacar das suas concorrentes. Visto essa demanda, o estudo de caso mostra uma movelaria que identificou essa necessidade e aderiu ao seu processo tecnologias para alcançar esse sucesso, com objetivo de analisar a dependência entre a arquitetura RAMI 4.0 e o MES, abordando a digitalização de um processo produtivo de uma movelaria comunitária da comunidade do Cariri.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDUSTRIA 4.0

A primeira revolução industrial começou no final do século XVIII e teve como marco principal a transformação dos processos artesanais para os mecanizados. Modificando a economia e a forma de viver das pessoas da época, trazendo mudanças relevantes para o processo de manufatura e gestão (Santos, 2018).

Logo após outro marco relevante foi a segunda revolução industrial que trouxe como destaque a eletricidade, motor a combustão e linhas de montagens, ocasionando o avanço da industrialização, ela iniciou-se entre os anos de 1850 e 1870, e teve seu fim junto com a Segunda Guerra Mundial, entre 1939 e 1945 (Elias, 2019).

A terceira revolução vem com o escalonamento da tecnologia, ocorreu entre os séculos XX e XXI. Segundo Silva et al., (2013), além dessa evolução tecnológica outras áreas também sofreram grandes mudanças, como nos aspectos econômicas, político e social, trazendo inovações e dinamismo para a indústria e com isso se denominando também como Revolução Técnico-Científica e Informacional, destacando avanços nos espaços da robótica, informática, biotecnologia, química fina, telecomunicações e nanotecnologia (Boettcher, 2015).

Após todos esses avanços industriais em 2011 surge o termo Indústria 4.0 na Alemanha, com o pressuposto de trazer mais competitividade no mercado alemão. O objetivo desse direcionamento é retratar como a digitalização e a automação está progredindo no ambiente de manufatura (Oesterreich; Teuteberg, 2016). Dessa maneira as tecnologias se inserem no meio industrial, se tornando um elemento crucial para as empresas que desejam se destacar no mercado.

2.2 ARQUITETURA RAMI 4.0

A arquitetura RAMI 4.0 é um modelo de referência a Indústria 4.0, sendo ele um sistema com pontos em um espaço com três dimensões que representa todos os aspectos importantes a serem implementados da Indústria 4.0. Desse modo, as correlações são complexas e podem ser distribuídas em grupos menores e mais inteligível (Hankel et al., 2015).

Se criando assim as camadas que são as esquematizações do processo de negócios, a ação do ativo, a informação, a comunicação e a integração do ativo físico com o espaço real. Se destacando que não é obrigatório que todas as camadas sejam utilizadas sempre. Na integração, o procedimento informa o conceito da Shell de Administração de Ativos (ASS). Sendo ele, um ativo que pode ser explicado digitalmente, como a interface do sistema físico. Logo, o AAS também é como um gateway entre o virtual e o real, administrando todas as informações principais para um ativo, de seu início até sua conclusão (Lindner, 2023).

As camadas do modelo RAMI 4.0 são dadas em seis no eixo vertical e duas no eixo horizontal. A primeira do eixo vertical é a ‘Camada de Ativos’, que representa a parte física, como as peças, operadores, documentos, máquinas, etc. Na camada acima está a ‘Camada de Integração’, que integra os componentes físicos com o digital, como os drives do sistema, sensores, interruptores, interfaces homem-máquina, etc. A próxima camada é a ‘Camada de Comunicação’ que padroniza a comunicação entre a ‘Camada de Integração’ e a Camada de Informação. A ‘Camada de Informação’ é responsável por organizar os dados, fornecendo informações sobre vendas, fornecedores, pedidos e locais. Nela é possível obter informações de todos os produtos e de seus materiais para fabricação, também das máquinas e quais os componentes para a fabricação do produto. Ela entrega informações para os clientes e guarda seus feedbacks. Essa camada é fundamentada em softwares, então pode ser representada por sistemas, aplicativos, arquivos, figuras ou dados. A próxima camada é a ‘Camada



Funcional’, ela fica com a função de controlar o sistema, as regras da produção, ações e processos. Ela entrega para o usuário serviços em nuvem, além disso, abrange várias outras atribuições, como ligar/desligar o sistema, coordenar os componentes, testar os elementos, e várias outras funcionalidades para o usuário. A última camada é a ‘Camada de Negócios’, que representa a estratégia, ambiente e objetivos de negócios, além de tratar diretamente do marketing (Zezulka et al., 2016).

2.3 MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)

Os Sistemas de Execução de Manufatura (MES) fornecem informações que permitem a otimização das atividades de produção, desde o lançamento do pedido até os produtos acabados. Usando dados atuais e precisos, o MES orienta, inicia, responde e relata as atividades da planta à medida que ocorrem. A resposta rápida resultante às mudanças nas condições, juntamente com o foco na redução de atividades sem valor agregado, impulsiona operações e processos eficazes da planta. O MES melhora o retorno sobre os ativos operacionais, bem como a entrega no prazo, o giro de estoque, a margem bruta e o desempenho do fluxo de caixa. O MES fornece informações de missão crítica sobre as atividades de produção em toda a empresa e na cadeia de suprimentos por meio de comunicações bidirecionais (Explained, 1997).

A sua principal função é gerenciar todo o fluxo de informações da produção em um sistema unificado, reportando esses dados em tempo real. Ele transforma os dados do processo em informações valiosas, que podem ser interpretadas pelos profissionais responsáveis pelo controle do sistema, permitindo ajustes quando necessário. Além disso, o MES monitora todas as atividades no chão de fábrica e se integra ao ERP (Planejamento dos Recursos da Empresa), que tem como objetivo gerenciar tanto os recursos quanto a produção de uma organização (Niels, 2018).

O objetivo da implementação deste sistema em uma movelaria é fornecer um suporte informativo para cada área crítica de decisão na fábrica. O MES (Sistema de Execução de Manufatura) oferece ferramentas de controle em tempo real, preenchendo a lacuna entre os sistemas de planejamento e os de controle. Seu propósito é otimizar os processos, melhorar a qualidade e apoiar a tomada de decisões de forma consistente e eficaz. O MES se destaca como uma solução tecnológica ideal para gerenciar todas as etapas do processo produtivo de uma movelaria.

A adoção de um Sistema de Informação (SI) gera um impacto significativo tanto no ambiente organizacional quanto no ambiental. Além dos aspectos técnicos, fatores gerenciais e administrativos também são afetados, podendo influenciar positivamente ou negativamente o sucesso do SI (Stair e Reynolds, 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo tem caráter qualitativo, com abordagem exploratória-descritiva, fundamentado em estudo de caso, pois segundo Lüdke e André (1986, p. 17), no estudo de caso o pesquisador analisa um cenário particular e de condição única. Desse modo, a pesquisa foi realizada em uma movelaria comunitária localizada na comunidade do Cariri, no interior do Amazonas. O local atua na produção de objetos de madeira de pequeno porte e conta com um processo produtivo tradicional, com pouca digitalização.

A coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas in loco, entrevistas semiestruturadas com os operadores e análise documental. Também foram utilizados registros técnicos e informações obtidas por sensores IoT integrados ao chão de fábrica. A estrutura de análise foi baseada na arquitetura RAMI 4.0, especialmente nas camadas de integração de informações e processos.

A metodologia adotada seguiu as seguintes etapas: (1) mapeamento do processo produtivo atual, (2) diagnóstico e oportunidade de melhoria e (3) proposta de aplicação da arquitetura Rami 4.0 e MES.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO ATUAL

O primeiro passo no processo de produção da movelaria é o corte das árvores na área de manejo florestal, utilizando ferramentas como motosserras, ocorrendo sempre em conformidade com as práticas de manejo sustentável.

É importante ressaltar que todas as árvores inventariadas possuem uma placa com um código em QR-Code e através deste é possível identificar o tipo de árvore. Essa placa permanece na árvore até o momento da exploração. Após o corte, a placa é removida e fixada no tronco da árvore derrubada. As peças resultantes dessa árvore também são identificadas com essas placas.

Após o corte, a madeira é transportada pela água, uma vez que a comunidade onde a movelaria está localizada fica a quilômetros de distância da área de manejo. Esse transporte é realizado por canoa rabeta pequena e leva, em média, três horas para transportar as madeiras.

Na movelaria, o recebimento da madeira é feito manualmente, com os membros da comunidade carregando os troncos até o local de produção. Uma vez recebida, a madeira passa por uma avaliação cuidadosa, onde se verifica a presença de defeitos e umidade.

Em seguida, a madeira é levada para a estufa e após o tempo necessário para a secagem é armazenada no armazém, que serve como o estoque da movelaria. As madeiras são retiradas desse armazém somente quando chega uma ordem de pedido, na qual são coletadas informações sobre o tipo de móvel, dimensões e acabamentos desejados.

Com todos esses processos iniciais concluídos e o pedido fechado, dá-se início à produção dos produtos de madeira. O primeiro passo é o planejamento da produção. Nessa etapa, são elaborados desenhos manuais dos objetos, considerando as especificações predeterminedas pelo cliente. Em seguida, ocorre o planejamento dos recursos, que abrange o cálculo dos materiais necessários e a organização da produção, levando em conta a disponibilidade de mão de obra e o estoque de materiais disponíveis.

A produção começa com a escolha da madeira, uma etapa realizada pelo próprio cliente, que seleciona o material de acordo com suas preferências. Após essa escolha, a movelaria realiza a seleção das peças de madeira, que podem ser pranchas ou blocos. Essa seleção é feita de acordo com a bitola (medida padrão) do produto desejado. Em seguida, ocorre o emparelhamento das peças, processo em que a madeira é cortada na máquina serra circular para ajustar seu tamanho e adequá-la às etapas seguintes.

A próxima fase é o aplainamento, onde a peça é passada pela máquina plainadeira (plaina) para reduzir a ocorrência de farpas e garantir uma superfície mais uniforme. Depois disso, a peça segue para o desengrosso, um processo que complementa o trabalho da plaina, deixando a peça com a bitola correta e com um acabamento ainda mais uniforme.

Após essas etapas iniciais, começa o processo de modelagem das peças. Esse processo é realizado na máquina de serra fita, que dá forma ao produto conforme o desenho definido. Se a peça tiver formas arredondadas, ela é enviada para a máquina Torno, que trabalha especificamente com esse tipo de modelagem. Caso contrário, a peça segue diretamente para o processo de lixamento.

O lixamento ocorre em três formatos diferentes, dependendo da necessidade do produto: utilizando uma lixadeira manual, uma lixadeira elétrica orbital ou uma lixadeira de bancada. Após esse trabalho, a peça recebe o verniz, que confere o acabamento, protegendo o material e dando brilho ao produto.

O controle de qualidade é uma etapa essencial e envolve uma inspeção final detalhada de cada peça, assegurando que todos os critérios de qualidade sejam atendidos. Se forem identificados defeitos ou problemas inesperados, a peça é substituída por outra que atenda plenamente aos requisitos do cliente. As peças defeituosas são ajustadas e encaminhadas para a “Casa do Artesão”, um espaço dedicado à venda e exposição de produtos da movelaria.

A comercialização dos produtos ocorre de duas formas principais: por encomendas ou por venda direta. O cliente pode entrar em contato com a área comercial para realizar seu pedido ou visitar a comunidade, onde pode adquirir produtos já prontos, expostos na Casa do Artesão. Além disso, a movelaria participa de feiras de artesanato e eventos, promovendo e comercializando seus produtos, que são resultado de um manejo florestal sustentável.



4.2 DIAGNÓSTICO E OPORTUNIDADE DE MELHORIA

Após a análise do mapeamento da produção, identificou-se os principais gargalos do processo produtivo, a logística responsável pelo transporte da madeira leva muito tempo para chegar na movelaria, deixando assim um tempo ocioso entre o corte e a entrega dessa matéria-prima. Em seguida a avaliação da madeira e o seu controle de qualidade é feita manualmente e visualmente, podendo ocorrer falhas na qualidade do produto acabado. Sem um sistema informatizado o controle de estoque e a rastreabilidade das peças se torna um gargalo, ocasionando desperdício ou deterioração das peças ou dificuldade em localizá-las.

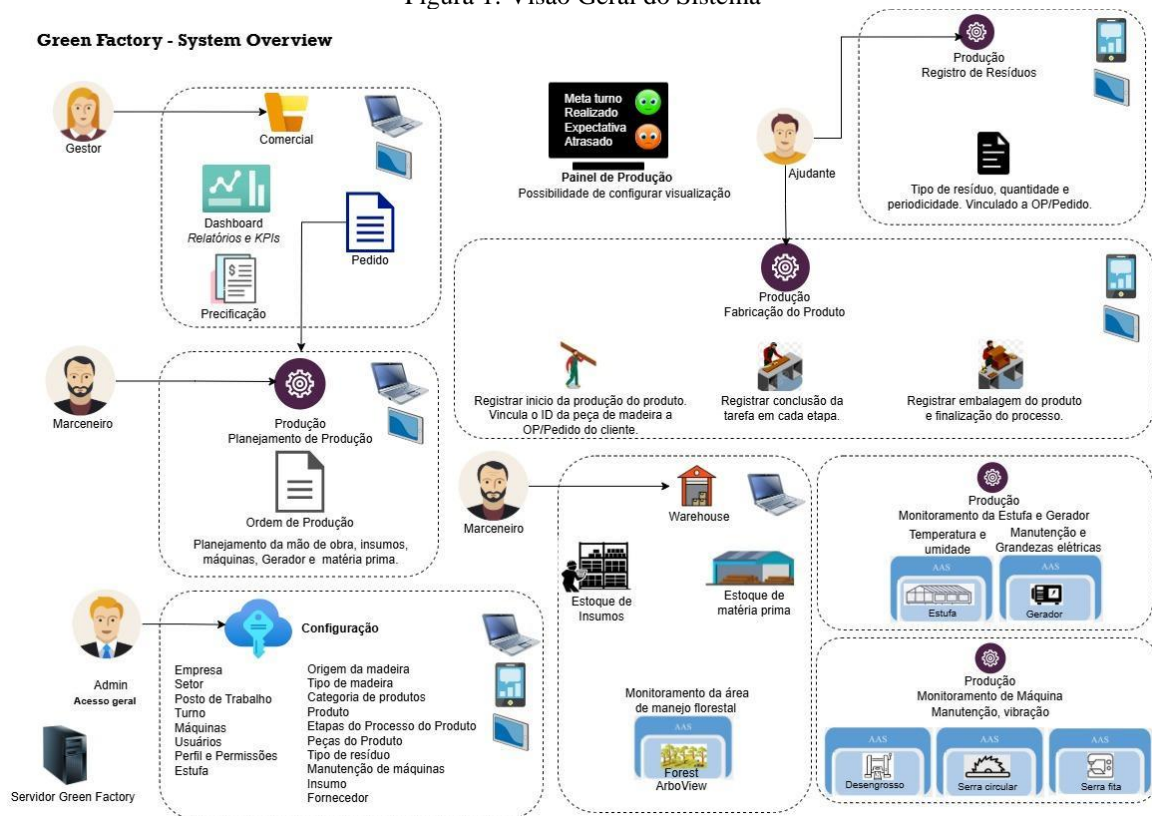
O planejamento também é feito de forma manual, assim não é possível prever um pedido recorrente, e podendo também ter dificuldades em reorganizar recursos em caso de alterações. O controle de qualidade é realizado pelos colaboradores, as peças com defeitos são substituídas ou retrabalhadas, o gera aumento de custo na produção e tempo de ciclo, sem indicadores da causa raiz do problema. E por fim a comercialização não é realizada por um sistema de gestão integrada, ocasionando dificuldade em mensurar a demanda e sem organização do histórico de venda.

A coleta desses dados indicou que a movelaria se adequaria prontamente a digitalização, pois mesmo com alguns gargalos recorrentes, os seus processos são bem trabalhados e a organização consegue ter um fluxo de informação certo e consistente, se tornando o cenário adequado para a implementação do MES, seguindo o modelo de referência RAMI 4.0, para assim se analisar as dependências essenciais entre eles.

4.3 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA ARQUITETURA RAMI 4.0 E MES

A partir da definição do componente MES e camada RAMI 4.0 a ser preferido diante da sua digitalização dos processos produtivos, foi implantada na empresa, uma tecnologia voltada para integração de informações dos processos existentes. A visão geral do sistema a ser implantado como solução está na Figura 1.

Figura 1: Visão Geral do Sistema



Fonte: Autoria própria

O sistema representa a digitalização integrada do processo produtivo de uma movelaria comunitária, com base nos princípios da arquitetura RAMI 4.0 e na aplicação de um sistema MES. A estrutura proposta interliga todas as etapas da produção, desde a gestão do pedido até o monitoramento das máquinas, promovendo maior controle, rastreabilidade e eficiência operacional.

Inicialmente, o gestor e a equipe comercial realizam o recebimento de pedidos e a precificação dos produtos, alimentando o painel de produção com metas de turno, status de execução e indicadores de desempenho (KPIs). Esses dados são organizados e apresentados por meio de dashboards, permitindo uma visão gerencial estratégica. Com o pedido confirmado, é gerada uma ordem de produção, a qual é encaminhada para o módulo de planejamento. Nessa etapa, são definidos os recursos necessários, como mão de obra, insumos, máquinas e matéria-prima, com base na disponibilidade identificada no sistema.

O sistema MES entra em ação ao gerenciar cada etapa da produção. O marceneiro registra o início da produção vinculando o ID da peça de madeira à ordem de produção e ao pedido do cliente. À medida que o produto avança no processo, são realizados registros digitais da conclusão de tarefas, embalagem e finalização. Todo esse fluxo é monitorado em tempo real, integrando o chão de fábrica aos sistemas de gestão superiores.

A digitalização é aprofundada com a coleta de dados de sensores instalados em equipamentos como estufas, geradores e máquinas de produção (serra circular, torno e desengrosso). Esses sensores

capturam informações como temperatura, umidade, vibração e consumo de energia, que são essenciais para garantir a qualidade do processo e prevenir falhas por meio da manutenção preditiva.

O controle de resíduos também é incorporado ao sistema. Um ajudante registra digitalmente o tipo, quantidade e periodicidade dos resíduos gerados, vinculando essas informações às ordens de produção e aos produtos correspondentes. Paralelamente, o sistema mantém atualizado o estoque de insumos e matéria-prima, armazenados em armazéns integrados à plataforma.

Outro aspecto importante do sistema é a rastreabilidade da madeira, que começa ainda na área de manejo florestal. Por meio da integração com a plataforma *Forest ArboView*, é possível acompanhar a origem da madeira, garantindo o cumprimento das práticas de manejo sustentável e atendendo aos requisitos legais e ambientais.

5 CONCLUSÕES

No estudo de caso em uma movelaria localizada no interior do Amazonas é possível identificar que arquitetura RAMI 4.0 e MES se relacionam diretamente entre si, toda a estrutura inserida reflete fielmente os princípios da arquitetura RAMI 4.0. As camadas de ativos físicos (como máquinas e sensores), de integração e comunicação (através da digitalização dos dados do chão de fábrica), e de informação e funcionalidade (por meio do planejamento, controle e monitoramento) estão claramente representadas no sistema. Além disso, a camada de negócios se manifesta nas ações comerciais e no acompanhamento de desempenho. O ciclo de vida do produto também é contemplado, desde a extração da matéria-prima até a finalização e venda do produto. A hierarquia da automação, é respeitada ao conectar o nível de campo (máquinas e operadores) com os níveis de supervisão, controle e gestão estratégica.

Em síntese, o sistema mostra como a digitalização orientada pela arquitetura RAMI 4.0 e operacionalizada por um sistema MES pode transformar um ambiente produtivo tradicional em uma estrutura moderna, eficiente e conectada, mesmo em contextos de base comunitária e com recursos limitados.

Nesse sentido, mesmo com limitações de logística para acessar o ambiente de estudo e demais percalços que ocorreram para a idealização de toda a digitalização, os resultados se mostraram satisfatórios. Estudos futuros podem utilizar de base essa pesquisa, para fundamentar suas revisões bibliográficas ou desenvolver em outros cenários o relato descrito.



REFERÊNCIAS

- Beric, D et al. Desenvolvimento do software MES e Integração com um Software ERP existente em Empresa Industrial. In: 2020 19º Simpósio Internacional Infotech-Jahorina (INFOTEH). IEEE, pág. 1-6. 2020.
- Boettcher, M. Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. LinkedIn. 26 nov. 2015. Disponível em: < [https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher](https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher)>. Acesso em: 07 de abr. 2025.
- Da Silva, L. M.; Da Silva, M. F.; Moraes, D. C. A internet como ferramenta tecnológica e as consequências de seu uso: aspectos positivos e negativos. 2013.
- Din Deutsches Institut für Normung e. V. Din SPEC 91345: Referen zarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). 2016. Available online: <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/industrie4-0/din-veroeffentlich-din-spec-zu-rami4-0-1-58570>. Acesso em: 25 de abr. 2025.
- Elias, I. de O. et al. O impacto da tecnologia na gestão comercial até quarta revolução industrial. Projeto Integrado, 2019.
- Enrique, D. V. et al. Ser digital e flexível para navegar na tempestade: como a transformação digital aumenta a flexibilidade da cadeia de suprimentos em ambientes turbulentos. Revista Internacional de Economia da Produção, v. 250, p. 108668, 2022.
- Explained, M. E. S. MES Explained: A High Level Vision. Pittsburgh, USA: MESA International, 1997.
- Hankel, M.; Rexroth, B. The reference architectural model industrie 4.0 (rami 4.0). *Zvei*, v. 2, n. 2, p. 4-9, 2015.
- Hasan, N. M.; Reis, J. D. da S. Organizações inovadoras que utilizam a Revolução 4.0. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, Aracaju, v. 2, n. 3, p. 9-20, fev. 2018.
- Jorge, A. C. C. Analysis and Improvement of Productive Processes for a MES System Implementation. Universidade do Minho (Portugal) ProQuest Dissertations & Theses, 2024.
- Lindner, M. et al. Digital twins in manufacturing: A RAMI 4.0 compliant concept. *Sci*, v. 5, n. 4, p. 40, 2023.
- Lüdke, M. e A., Marli E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- Niels J. M. E. Manufacturing Execution Systems in Industry 4.0: A comparative case-study on their functions. p. 14-28, 2018.
- Oesterreich, T. D.; Teuteberg, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in industry*, v. 83, p. 121-139, 2016.
- Santos, B. P. et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.



Stair, R. M. et al. Principles of information systems. Thomson Learning, 2008.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., Sajdl, O. Industry 4.0 – An introduction in the phenomenon, IFAC PapersOnLine, Vol. 49, No. 25, 8-12, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.12.002. 2016.