

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**PEDRO HUMBERTO CECCATO BARRA**

**IMPLANTAÇÃO DE FLUXOS AUTÔNOMOS NAS LINHAS DE PRODUÇÃO DE  
UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

**CURITIBA**

**2023**

**PEDRO HUMBERTO CECCATO BARRA**

**IMPLANTAÇÃO DE FLUXOS AUTÔNOMOS NAS LINHAS DE PRODUÇÃO DE  
UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Artigo apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Silvana Pereira Detro

**CURITIBA**

**2023**

# Implantação de Fluxos Autônomos nas Linhas de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo

Pedro Humberto Ceccato Barra

## RESUMO

Nos últimos anos, temos testemunhado um crescimento impressionante no avanço da automação na indústria. A integração de tecnologias inovadoras está transformando radicalmente a maneira como as empresas operam e como os trabalhadores interagem com o processo produtivo. Dentro deste contexto, o presente trabalho apresenta a implantação de veículos autoguiados (AGVs) para substituir o fluxo de empilhadeiras nas saídas das linhas de produção de uma fábrica do setor automotivo. Para implantar o projeto foi necessário realizar um estudo de viabilidade, comprovando que haveriam retornos e ganhos. Devido à confidencialidade, esta pesquisa apresentará apenas os ganhos constatados localmente. Após comprovada a viabilidade do projeto, é apresentado o cronograma que servirá de guia para as próximas etapas, que consistem na geração de layouts, simulação, validação das propostas e, por fim, implantação do layout e do modo de funcionamento que foram validados. A automação dos circuitos melhorou os indicadores da fábrica, gerando destaque e a tornando fonte de *benchmarking* para o grupo empresarial, e trouxe grandes ganhos de segurança, além dos benefícios trazidos na revisão de literatura.

Palavras-chave: Veículos autoguiados (AGVs). Implantação. Indústria.

## 1 INTRODUÇÃO

Na indústria de manufatura há uma contínua demanda por automação, a partir do momento que ela economiza mão de obra e materiais, melhorando a qualidade, eficiência, precisão e exatidão dos processos produtivos (RAMESH et al., 2013).

Processos de fabricação requerem constante movimento de materiais, que no passado eram realizados manualmente. A ideia de utilizar veículos autoguiados (AGVs) juntamente com mecanismos programáveis de transferência de materiais para este propósito vem ganhando popularidade por ter o potencial de tornar todas as movimentações de materiais na unidade fabril completamente autônomas, seguras e extremamente eficientes, levando a maior produtividade e gerenciamento automático de estoque, eventualmente a um menor custo (PAL et al., 2011).

A alta sincronização de atividades de fabricação e comportamentos logísticos deve ser assegurada para que a produção ocorra sem problemas. Máquinas e trabalhadores podem perder tempo esperando a chegada de materiais se o sistema de posicionamento dos AGVs não puder funcionar corretamente (LU et al., 2017). Além disso, os autores acrescentam que o desempenho da fabricação tem alta dependência da eficiência e eficácia logística dentro de uma fábrica inteligente, onde máquinas altamente automatizadas serão equipadas.

A necessidade de um sistema automatizado de transferência de materiais é sentida por todos os segmentos das indústrias, ainda mais por aqueles cujos processos são estruturados a ponto de tirar maior vantagem da automatização (PAL et al., 2011).

Este trabalho tem o intuito de apresentar a implantação de circuitos de veículos automaticamente guiados (AGVs) que substituirão a movimentação atual realizada por veículos industriais (empilhadeira) em uma fábrica do setor automotivo, com o objetivo de melhorar os indicadores da empresa, a segurança e diminuir gastos, através da melhoria e automação de fluxos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo serão apresentados materiais a respeito de automação, meios industriais e algumas de suas correlações a fim de trazer embasamento teórico para a pesquisa.

### **2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

De acordo com Souza & Royer (2013) e Santos et al. (2017), automação é definida baseada na ideia de utilizar potência mecânica ou elétrica para crescer

processos de métodos inteligentes, capazes de os tornar mais eficientes, produtivos e com qualidade, bem como vantajosos economicamente e mais seguros.

Para Pereira (1995), pode-se definir o conceito de automação como a conversão das atividades humanas dentro de um processo de fabricação de manual para automática. Assim, a automação industrial se refere à utilização de qualquer dispositivo eletrônico ou mecânico para o controle de processos e máquinas, muitas vezes substituindo tarefas humanas ou executando tarefas que um ser humano não conseguiria realizar (FERRELLI et al., 2015).

Os processos produtivos fabris têm sido alterados consideravelmente pela tecnologia, com o intuito de permitir maior automação, impactando fortemente a produtividade e a confiabilidade da produção (SLACK et al., 2006; SLACK et al., 2018; CORREA & CORREA, 2019).

Para uma empresa manter a competitividade, a automação de processos se apresenta como uma ferramenta muito importante. Buscar melhorias e novas tecnologias faz toda a diferença nos processos de fabricação, levando à redução de custos do próprio processo e do transporte de materiais, gerando eficiência, ganho de produtividade e maior qualidade nos produtos (WEBB, 1992).

A automação traz benefícios que surgem muitas vezes de maneiras inesperadas e intangíveis, como uma melhor imagem da empresa, melhores relações no trabalho, no aumento das vendas e da qualidade. Companhias que não se utilizam da automação possivelmente se encontram em desvantagem competitiva dentro de sua área de atuação (GROOVER, 2014).

## 2.2 VEÍCULO AUTOGUIADO

Uma das tecnologias para transportes de materiais mais interessantes presentes nas indústrias é o Veículo Guiado Automaticamente ou Veículo Autoguiado (AGV - *Automated Guided Vehicle*), principalmente quando se trata da área logística. Seu transporte traz grandes benefícios ao sistema, à produção e seus usuários, devido a sua segurança e eficácia (ATLEE, 2011).

Locomovidos através de baterias, os veículos autônomos podem trabalhar 24 horas por dia, levando muito mais eficiência que os sistemas tradicionais executados por equipamentos manuais que necessitam de intervenção humana, além de melhor

controle por ter suas operações e programações através de computador (KIM e TANCHOCO, 1999).

O AGV é um veículo elétrico programado que oferece velocidade e segurança em operações sem interrupção, com capacidade de carregar e transportar uma variedade de itens, como caixas, paletes e carrinhos. Além disso, favorecem a acústica das fábricas e suas condições ambientais (KIM e TANCHOCO, 1999; LYDON, 2018).

É possível fornecer diferentes rotas e junções que podem ser selecionadas pelo sistema de controle geral do AGV para permitir a entrega de produtos por diferentes rotas para várias operações. O autor complementa, AGVs geralmente operam na mesma área de trabalho que outros usuários, como empilhadeiras e mão de obra, possuindo assim, sistema de segurança adequado (WILSON, 2015).

O avanço das tecnologias de navegação tem sido um contribuinte essencial no aumento crescente do uso de AGVs. Apesar da existência de diversas tecnologias, as mais utilizadas pelos fabricantes em novos equipamentos e instalações são a navegação magnética, navegação guiada a laser, veículos guiados por sensores ópticos e navegação natural (KIM e TANCHOCO, 1999; LYDON, 2018).

Veículos sem motorista talvez não estejam em um futuro tão próximo para os consumidores, mas já são utilizados hoje na indústria de manufatura para aumento de produtividade, melhora na flexibilidade da fabricação e de fluxos produtivos (LYDON, 2018).

A implementação dos AGVs nos fluxos de linha de produção possui um ganho considerável de competitividade, redução de custos e aumento da produtividade das indústrias, que buscam otimizar seus processos de movimentação de materiais a partir da automação. Atuam em rotas programadas com precisão, seja abastecendo a linha de produção, transferindo materiais entre estações de trabalho ou entre áreas do processo produtivo, seja transportando matéria prima ou produto acabado (ALMEIDA et al., 2019).

Veículos autoguiados possuem as mais diversas formas, implantações e transportam os mais variados itens de diferentes pesos. De acordo com Lydon (2018), suas aplicações mais comuns incluem movimento *work-in-process* (WIP), que se refere a movimentos/transportes com alta taxa de repetição e foi uma das primeiras implementações onde AGVs foram utilizados, além de entrega de peças de produção, manuseio de paletes, manuseio de produtos acabados e como rebocador.

É necessário realizar estudos de viabilidade antes de implementar um sistema de AGV, visto que o investimento inicial é alto, inviável para pequenos negócios e não é adequado para procedimentos que não forem repetitivos (ALMEIDA et al., 2019).

### 3 METODOLOGIA

Os aspectos de classificação desta pesquisa foram estruturados com base na obra de Prodanov e Freitas (2013) e estão sintetizados no Quadro 1 a seguir.

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

<b>Perspectiva</b>	<b>Tipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Justificativa</b>
Natureza	Pesquisa Aplicada	Gerar conhecimento com finalidade de aplicação prática para solucionar problemas e temas locais.	Implantação prática de solução dentro da realidade e dos parâmetros da empresa em questão
Objetivo Científico	Pesquisa Explicativa	Analisar, registrar, classificar e interpretar as informações/ dados coletados. Busca identificar fatores determinantes para ocorrência dos fenômenos.	Utilização de simulação para manipular e controlar as variáveis presentes na implantação do novo fluxo, para identificar e estudar os pontos principais.
Procedimentos Técnicos	Pesquisa Ação com Estudo de Caso	Há associação e envolvimento direto entre os participantes da pesquisa e o problema em estudo. O sistema é limitado, sobre algo, de caráter único e específico, realizado em ambiente natural e a coleta de dados provém de diversas fontes.	O pesquisador participou ativamente das etapas do projeto, desde os estudos à implantação. Envolve aplicação prática e imediata de conhecimentos nas circunstâncias locais, sem desenvolver teorias.
Abordagem	Pesquisa Quantitativa	Formulam-se hipóteses e a relação entre variáveis é classificada no desenvolvimento da pesquisa, com o intuito de garantir uma análise e interpretação precisa dos resultados.	Dados do estudo são numéricos e classificados para análise.

FONTE: O autor (2023).

Antes de implantar um fluxo de veículos autoguiados, é necessária a realização de um estudo aprofundado de viabilidade, a fim de comprovar seus retornos e seus ganhos. A presente pesquisa não abordará esta análise.

Sendo aprovada a implementação de um novo circuito de AGVs, inicia-se a etapa de planejamento, onde é criado um cronograma que servirá de guia ao longo de todo o projeto. Ele mostrará os principais objetivos e ordem de atividades a serem executadas para alcançar cada um deles. Além disso, os períodos de execução podem ser ajustados durante o andamento do projeto, mas sempre buscando respeitar a data da implantação física e entrega final.

Com o planejamento inicial definido, começam a ser criadas as propostas de layout e de fluxo, que servirão de base para as próximas etapas. No layout são traçadas as rotas por onde passarão os AGVs e quaisquer mudanças necessárias nas áreas impactadas. Vale ressaltar que devem ser considerados os espaços por onde passarão os meios ao longo do trajeto, para evitar surpresas futuras como colisões ou invasões de áreas.

A simulação então é realizada com base nos tempos e dados propostos juntamente com os dados levantados das áreas de produção que farão parte do escopo do projeto. A partir dela tem-se uma ideia da quantidade de meios necessários para a implantação e se a proposta sugerida atende os requisitos de fabricação. É uma das melhores ferramentas disponíveis para examinar o comportamento de sistemas complexos em ambientes dinâmicos (MEINERT et al., 1999).

Os processos de proposta de layout e modo de funcionamento, juntamente com os resultados da simulação, são então levados para validação, até que se chegue em um consenso e a implantação do projeto seja validada. É importante que as áreas impactadas tenham certa flexibilidade, pois pode ocorrer de nem todos os requisitos solicitados serem totalmente atendidos, por limitações até da própria tecnologia.

Com o projeto validado, a equipe responsável pela implantação pode iniciar o processo de compra dos meios que serão utilizados e contratação de serviços necessários para realizar as modificações.

Após todo este processo, é esperado que a implantação ocorra conforme o planejado e que a equipe responsável esteja preparada para eventuais imprevistos que possam vir a ocorrer. É importante que seja documentada cada etapa e cada validação do processo, a fim de ter um registro e caso haja alguma contestação com relação ao projeto.

## 4 RESULTADOS

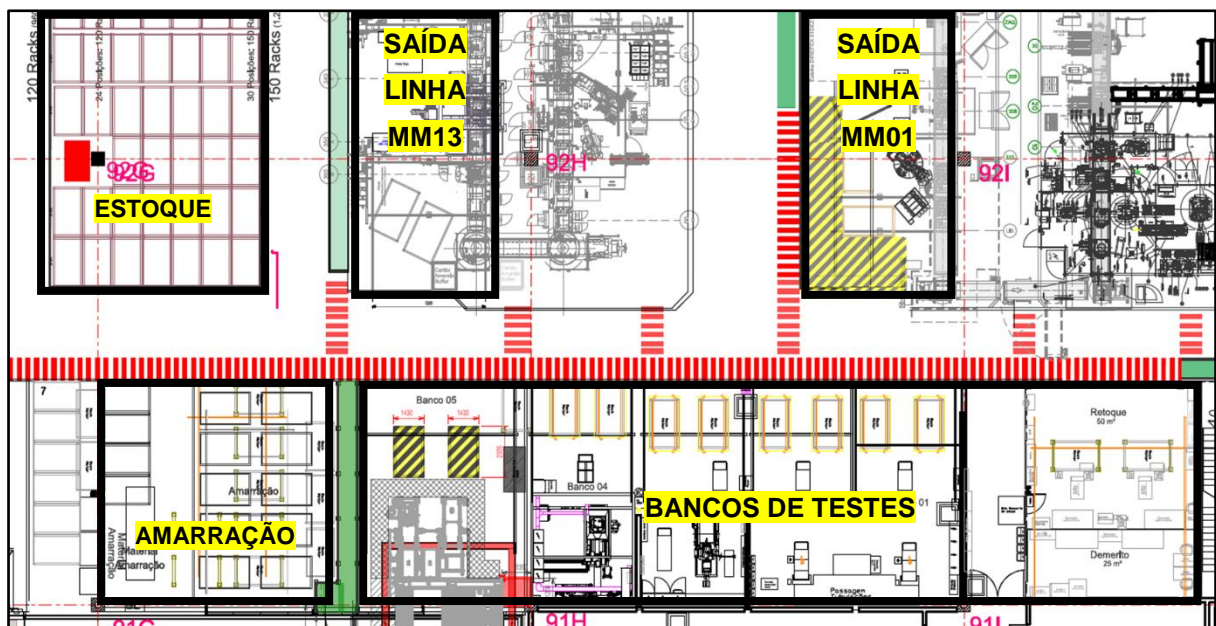
A presente implantação fez parte de um projeto do grupo empresarial de aumentar a competitividade das suas plantas através da automatização de fluxos. Pela movimentação contínua e repetitiva de empilhadeira e cruzamentos constantes com via de pedestres, a área possuía grande potencial de ganhos com a implantação de veículos autoguiados.

### 4.1 AMBIENTAÇÃO

O local em questão se encontra em uma fábrica de motores, e é composto por 5 áreas: Os finais das duas linhas de produção da fábrica, conhecidas como MM01 e MM13, a área de testes dos motores, conhecida como bancos à quente, a amarração, onde são preparados os motores para exportação, e o estoque (FIGURA 1). Ao todo são 6 bancos de testes e, assim como as linhas, cada um com 2 posições de consumo/abastecimento de motores.

Os racks (embalagens) de motores acabados são coletados nas linhas e levados para os bancos de testes ou direto para o estoque, de acordo com parâmetros definidos pela área da qualidade. Depois de testados os motores, a empilhadeira leva os racks dos bancos para o estoque.

FIGURA 1 – LAYOUT ANTES DA IMPLANTAÇÃO



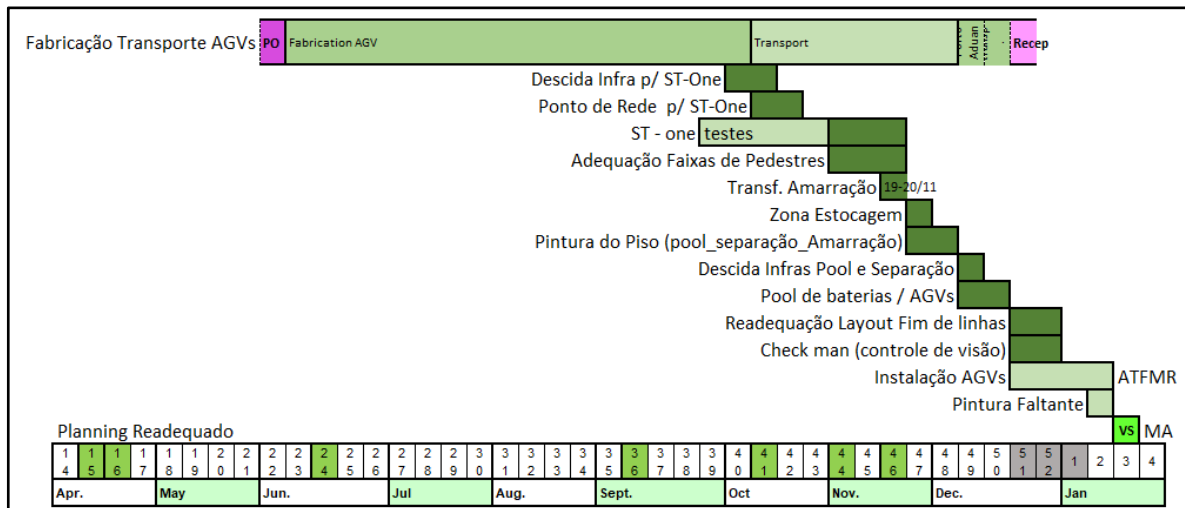
FONTE: O autor (2022).

### 4.2 CRONOGRAMA DO PROJETO

Após estudos aprofundados de viabilidade, foi comprovado que era possível realizar a mudança de empilhadeira para AGVs na área e o investimento para o projeto foi aprovado.

Com a aprovação, foi dado início às etapas do processo de implantação do projeto, começando pelo levantamento das atividades que devem ser executadas até o final do processo, gerando um cronograma a ser seguido. As datas de execução foram sendo ajustadas conforme necessidade, respeitando a data de implantação, que seria realizada na parada do final de ano da fábrica em 2022. A Figura 2 apresenta um cronograma resumido das macro ações a serem realizadas pela equipe.

FIGURA 2 – CRONOGRAMA DO PROJETO



FONTE: O autor (2022).

### 4.3 PROPOSTA DE LAYOUT

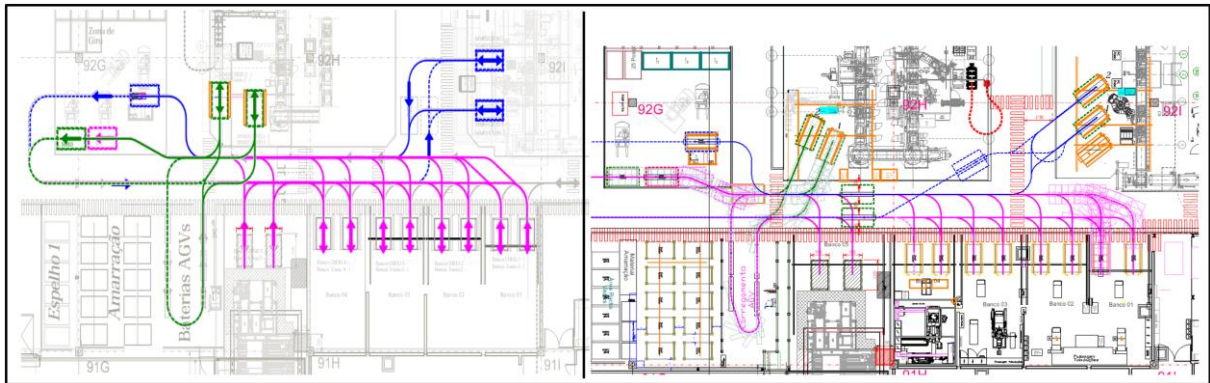
O processo de criação dos layouts foi então iniciado, apresentando as propostas de modificações das áreas e por onde passariam os AGVs (FIGURA 3).

Não haveria mais um fluxo direto entre as linhas e o banco de testes. Todos os racks de motores iriam para a área do estoque<sup>1</sup> e o operador logístico faria a gestão.

<sup>1</sup> Como parte deste projeto, foi realizada a implantação de um sistema de controle de frequências nas linhas, onde, como parte do resultado, diminuiria o número de motores em estoque. Liberando área para ser utilizada no projeto.

Para meios vindos das linhas, seria feita a troca por embalagens vazias, para meios vindo dos bancos, troca por embalagens de motores a serem testados. A amarração seria compactada, liberando espaço para a área de carregamento dos AGVs. E seria aumentada a faixa de rua para a passagem segura dos meios.

FIGURA 3 – PROPOSTAS DE LAYOUT



FONTE: O autor (2022).

#### 4.4 SIMULAÇÃO

Após conclusão das propostas de layouts e levantados os dados de cada processo, foram realizadas as simulações para verificar a quantidade real de AGVs a serem utilizados e se o que foi proposto atende às necessidades das áreas.

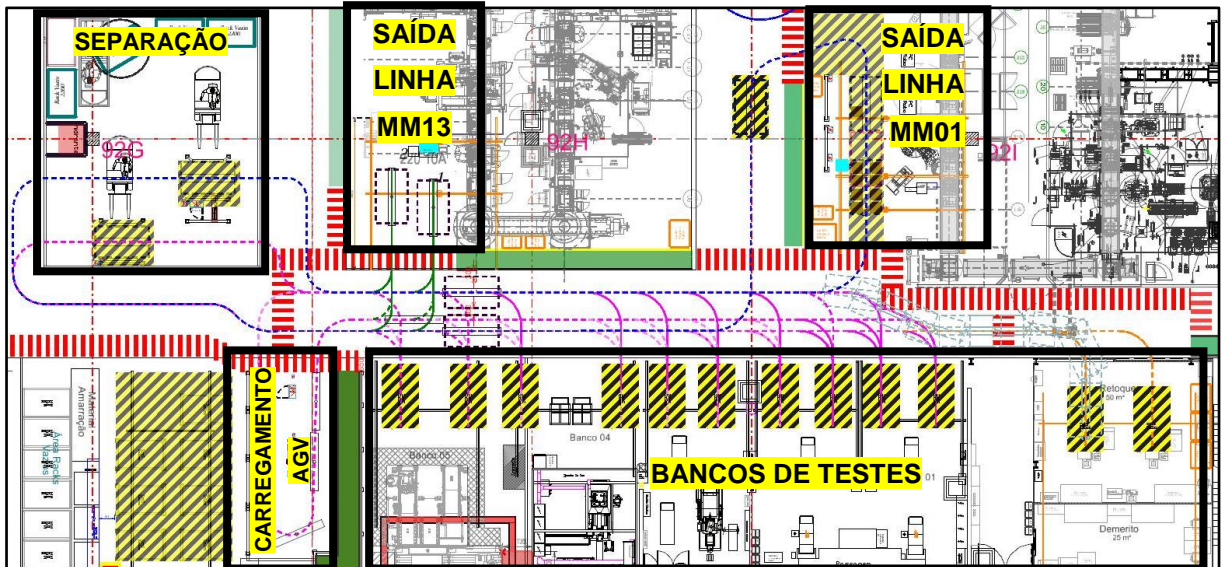
A principal restrição apontada foi de que o novo fluxo não poderia gerar desabastecimento nas linhas de motores, para não ocorrerem paradas de linha e, conseqüentemente, perda de produção por conta do projeto. O tempo de ciclo da linha MM01 foi apresentado como o mais crítico e o mais distante da área de estoque, sendo definido que este fluxo não poderia ser compartilhado.

De acordo com os resultados da simulação, os fluxos da linha MM13 e bancos de testes podem ser compartilhados e são compostos por 4 AGVs. O fluxo da linha MM01 necessita de 3 AGVs dedicados para não gerar desabastecimento. Por padrão da empresa, foi definida a compra de 1 AGV backup para a área.

## 4.5 VALIDAÇÃO

As propostas foram levadas para validação, porém não foram totalmente aceitas e alguns pontos do layout tiveram de ser revisados. A Figura 4 mostra como ficou o layout final validado para implantação.

FIGURA 4 – LAYOUT VALIDADO



FONTE: O autor (2022).

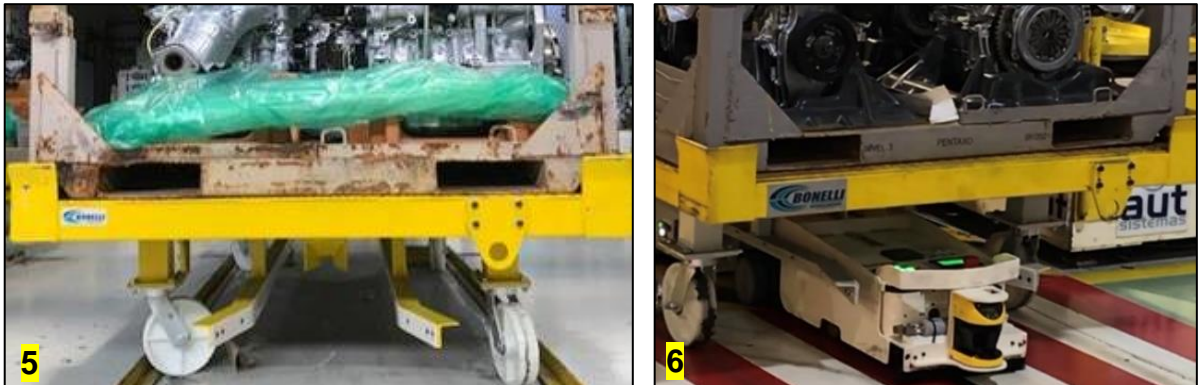
## 4.6 IMPLANTAÇÃO

Para os fluxos compartilhados, MM13 e Bancos, foi implementado um sistema supervisorío, onde, em cada vaga destas áreas, foram instaladas botoeiras de chamada de AGV. Funcionando da seguinte maneira:

- Os AGVs aguardam na área de carregamento, quando houver uma chamada, o primeiro da fila se desloca até a posição para buscar a base rolante e a levar até a área de separação, onde o operador logístico fará a gestão e a troca do rack;
- Após realizar a troca, o operador libera o AGV, que levará de volta a base com o novo rack na vaga que coletou e voltará para a área de carregamento, no final da fila.

Para a linha MM01, cada AGV tem sua base rolante, andam em circuito fechado e o carregamento é realizado na área de separação, durante a troca do rack. A faixa de pedestres foi transferida para o lado das linhas, e as bases que existiam nos fluxos foram adaptadas com guias e novos rodízios para ser realizado o transporte por veículo autônomo (FIGURAS 5 e 6);

FIGURAS 5 e 6 – BASE ROLANTE



FONTE: O autor (2023).

Os AGVs utilizados para atender o processo são *CarryBee* bidirecionais, com capacidade de transporte de mais de uma tonelada (FIGURA 7);

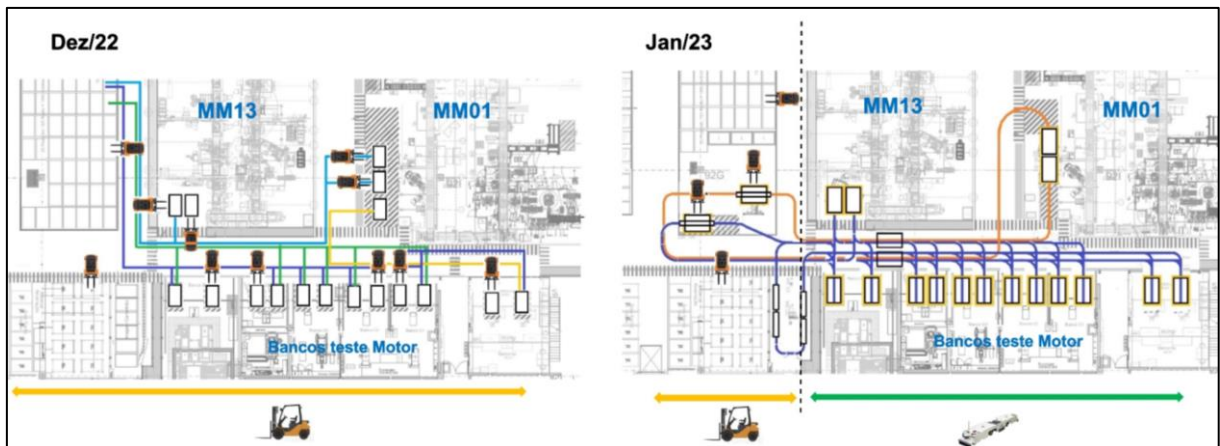
FIGURA 7 – AGV BIDIRECIONAL



FONTE: O autor (2023).

A Figura 8 a seguir mostra uma comparação lado a lado do antes e depois de como ficaram os fluxos e a área de atuação de cada veículo logístico.

FIGURA 8 – COMPARAÇÃO DE LAYOUTS E SEUS FLUXOS



FONTE: O autor (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar a implementação de AGVs em uma área onde as movimentações eram previamente realizadas por empilhadeira. Para isto, foi realizada uma revisão na literatura a fim de compreender características, comportamentos e o que se esperar de um projeto como este.

O modelo apresentado foi validado e acompanhado desde sua concepção até sua implantação. Foi mostrado o passo a passo de sua realização e se identificaram benefícios e limitações do projeto.

A Figura 8 mostra um antes e depois de como ficaram os fluxos e a área de atuação de cada veículo logístico.

A automatização trouxe melhoras nos indicadores da fábrica e no seu posicionamento no ranking em relação às outras plantas do grupo, trazendo maior reconhecimento, tornando a fábrica fonte de benchmarking e abrindo portas para novos investimentos e parcerias.

Juntamente com os diversos benefícios que a literatura traz sobre a implantação de circuitos autônomos, vale ressaltar o ganho em segurança, com a eliminação de compartilhamento de vias entre pedestres e veículos industriais.

## REFERÊNCIAS

ATLEE, J. Selecting safer building products in practice. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, p. 459 e 463, 2011.

PEREIRA, S. L. Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferroviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SOUZA, J.; ROYER, R. Implantação de um sistema AGV - veículo guiado automaticamente, um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33, 2013, Salvador, BA. Anais... SALVADOR: ENEGEP, 2013.

SANTOS, L. C.; LOUNINE, C. P.; SOUZA, E. C. S.; PEREIRA, K. G. Otimização de sistemas de abastecimento de linhas de produção: estudo de caso de uma empresa de produção de secadores profissionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2017, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: CONBREPPO, 2017.

FERRELLI, P.; MACHADO, R. R.; SILVA, R. G.; MOREIRA, W. A. Redução de custos operacionais e condições inseguras em um almoxarifado após automatização de rotas internas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3, 2015, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: CONBREPPO, 2015.

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 4. ed., 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JHONSTON R. Administração da produção. 1 ed., 10 reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

SLACK, N.; BRANDON, J. A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GROOVER, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 4 ed. Nova Jersey: Pearson, 2014.

WEBB, J. K. Industrial Control Eletronics. Maxwell Macmillan International Editions, 1992.

ALMEIDA, E.; BRITO, J.; SILVA, M.; SANTIAGO, S.; JÚNIOR, A. Aplicação de Veículo guiado automaticamente nas diversas áreas de produção da indústria: revisão sistemática da literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, 2019, Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: CONBREPPO, 2019.

KIM C. W.; TANCHOCO, J. M. A. AGV dispatching based on workload balancing, 1999.

LYDON B. Automated guided vehicles improve production. Revista InTech Online de Jul-Ago, 2018. Disponível em: <<https://www.isa.org/intech/20180803/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

WILSON, M. Implementation of robot systems: an introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing. Holanda: Elsevier, 2015.

PAL, P. K.; SAKRIKAR, R.; SARNGADHARAN, P. V.; SHARMA, S.; SHRIVASTAVA, V. K.; DAVE, V.; SINGH, N.; DAS, A. P. Development of an AGV-based intelligent material distribution system. *Current Science*, Bangalore, v. 101, n. 8, p. 1028-1035, out. 2011.

RAMESH, R.; JYOTHIRMAI S.; LAVANYA, K. Intelligent automation of design and manufacturing in machine tools using an open architecture motion controller. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 32, n. 1, p. 248–259, 2013.

MEINERT, T. S.; TAYLOR, G.; ENGLISH, J. A modular simulation approach for automated material handling systems. *Simulation Practice and Theory*, v. 7, n. 1, p. 15–30, 1999.

Lu, S.; XU, C.; ZHONG, R. Y. ; WANG, L. A RFID-enabled positioning system in automated guided vehicle for smart factories. *Journal of Manufacturing Systems*, v 44, n. 1, p. 179-190, jul. 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013. E-book. Disponível em: <<https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MEINERT, T. S.; TAYLOR, G.; ENGLISH, J. A modular simulation approach for automated material handling systems. *Simulation Practice and Theory*. v. 7, n. 1, p. 15–30, 1999.