

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### ANÁLISE DE VIABILIDADE CONSTRUTIVA DE UM AGV E SUA APLICAÇÃO PARA COMPOR UMA CÉLULA DE MANUFATURA INTEGRADA E ESTRUTURADA NOS CONCEITOS DE MANUFATURA ENXUTA E INDÚSTRIA 4.0

CAROLINA R. MATHEUS<sup>1</sup>, ANTÔNIO C. DE SOUZA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Sertãozinho, rosseti.c@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Sertãozinho, antonio@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.05.04-6 Robotização

**RESUMO:** O objetivo de se introduzir novas tecnologias no sistema de gestão e produção industriais, frente às novas imposições do atual mercado, correlacionam frentes sociais, sustentáveis e econômicas. O presente momento da evolução da indústria exige que os profissionais de engenharia desenvolvam ideias que resultem em novos produtos e serviços que possam suprir as necessidades de adaptação dos múltiplos cenários que compõe o ambiente fabril. Nesse contexto, evidencia-se a existência de sistemas que têm como princípio de funcionamento uma conexão ampla, direta e harmônica entre os elementos físicos dos procedimentos fabris e uma plataforma digital. Em síntese, essas tecnologias possibilitam que as linhas de produção sejam ágeis e atendam às suas demandas de maneira a elevar sua produtividade. Por conseguinte, o presente estudo tem como objetivo substancial aliar os dois pilares da automatização industrial no projeto de desenvolvimento e concepção de um AGV, ilustrando, dessa forma, a conexão entre os mundos físico e virtual e os critérios técnicos impostos à produção desse protótipo e sua programação. Por fim, a elaboração e construção do veículo concatenam conhecimentos nas áreas das engenharias mecânica, elétrica e mecatrônica, evidenciando conceitos de gestão de projetos, automação e robótica.

**PALAVRAS-CHAVE:** veículo autoguiado; indústria 4.0; célula de manufatura robótica.

### CONSTRUCTIVE FEASIBILITY ANALYSIS OF AN AGV AND ITS APPLICATION TO COMPOSE AN INTEGRATED MANUFACTURING CELL STRUCTURED IN THE CONCEPTS OF LEAN MANUFACTURING AND INDUSTRY 4.0

**ABSTRACT:** The objective of introducing new technologies in the industrial management and production system, in view of the new impositions of the current market, correlates social, sustainable, and economic fronts. The current moment of industry evolution requires engineering professionals to develop ideas that result in new products and services that can meet the needs of adapting to the multiple scenarios that make up the manufacturing environment. In this context, there is evidence of the existence of systems whose operating principle is a broad, direct, and harmonic connection between the physical elements of the manufacturing procedures and a digital platform. In summary, these technologies enable the production lines to be agile and meet your demands in order to increase your productivity. Therefore, the present study has the substantial objective of allying the two pillars of industrial automation in the design and design of an AGV, thus illustrating the connection between the physical and virtual worlds. and the technical criteria imposed on the production of this prototype and its programming. Finally, the design and construction of the vehicle concatenate knowledge in the areas of mechanical, electrical, and mechatronics engineering, evidencing concepts of project management, automation, and robotics.

**KEYWORDS:** automated guided vehicle; industry 4.0; robotic manufacturing cell.

## INTRODUÇÃO

A constante necessidade de evolução dos mecanismos envolvidos na concepção de produtos e geração de serviços transformou os processos industriais em vertentes atraentes para a acomodação das novas tecnologias desenvolvidas no atual cenário científico. Dentro desse contexto, podemos abordar de maneira direta a crescente adoção do sistema de manufatura que faz uso das máquinas inteligentes para gestão das cadeias produtivas: a nova revolução industrial intitulada indústria 4.0.

O termo foi utilizado pela primeira vez em 2011 na feira de Hannover acompanhando planos estratégicos do governo federal alemão para impulsionar o desenvolvimento industrial no país. De acordo com Kagermann et al. (2013), a combinação do maquinário já evoluído na Alemanha com seu forte sistema de pesquisa em automação e *software* elevou os limites ao se definir as novas necessidades fabris. Dessa forma, juntamente com a introdução da IoT (internet das coisas – do inglês *Internet of Things*), da IoS (internet dos serviços – do inglês *Internet of Services*) e de novas metodologias envolvendo *machine learning* e CPS (sistemas ciber-físicos – do inglês *Cyber Physical Systems*), um novo momento da indústria surgiu, ganhando em solo alemão espaço suficiente para que o estudo e implementação desses novos processos ganhasse força em todo o planeta.

Dentre todos os processos e serviços aprimorados desde que o conceito de indústria 4.0 foi lançado no mercado, o presente artigo faz uso da ideia principal da necessidade de um sistema para manuseio de materiais eficiente e prático e que elevasse o desempenho de toda a cadeia de produção; nesse grupo de ideias podemos enquadrar o AGV (veículo autoguiado – do inglês *Automated Guided Vehicle*) como solução para o aumento do rendimento na locomoção de objetos em geral dentro do ambiente fabril (Le-Anh and De Koster, 2006). Segundo Ventriglio (2004), essa denominação partiu da premissa de que o AGV pode realizar tarefas de forma autônoma, desde funções mais simples até serviços mais extensos e complexos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A proposta de planejamento que norteia a metodologia do presente estudo engloba a confecção de um veículo autoguiado em sua essência e funcionalidade sustentadas pela utilização de componentes acessíveis, demonstrando que o robô pode exercer funções vitais para o sistema de transporte empresarial mesmo em sua versão mais simplificada, podendo ser manufaturado em ambientes isentos de alta tecnologia e industrialização avançada.

Dentro dos limites acordados, os itens selecionados para compor o AGV foram encontrados a partir da revisão da literatura, somada ao conhecimento dos autores acerca de determinados componentes eletrônicos e sua aplicabilidade e a consulta de profissionais experientes da área de automação e robótica.

### Sistema mecânico

A estrutura do AGV que foi utilizada nesse projeto se baseou na utilizada para montagem do robô desenvolvido pelo *website How To Mechatronics*, onde tutoriais sobre planejamento, montagem e fabricação de dispositivos que relacionem assuntos das áreas de Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação e demais campos relacionados são veiculados.

Cinco chapas de MDF (placa de fibra de média densidade – do inglês *Medium Density Fiberboard*) foram unidas para compor a carcaça do veículo. Uma tampa também em MDF foi confeccionada para que a parte eletrônica a ser comportada no interior da caixa seja protegida de maneira paralela à facilidade exigida para manutenção da mesma.

De maneira inicial, foram propostos dois sistemas para locomoção do veículo, sendo 1) a utilização de dois pares de roda *sport* com pneu *slick*, cubo sextavado com furo central e revestimento de borracha, e 2) a aquisição de um par de rodas YBS com pneu radial revestidas com borracha super macia e aderente e uma esfera deslizante instalada na parte frontal do robô, criando um novo ponto de apoio e auxiliando na movimentação e equilíbrio.

Entretanto, por possuir em paralelo um projeto que envolve a concepção de impressoras 3D, os autores optaram por executar uma revisão na literatura para estudar modelos de sistemas de transmissão que pudessem ser compostos por rodas impressas em 3D. Após atentas análises, foi deliberado que as rodas desenvolvidas no projeto publicado pela *How to Mechatronics* seriam manufaturadas pelos autores. Visto posto, a Figura 1 ilustra o modelo do AGV a ser confeccionado.

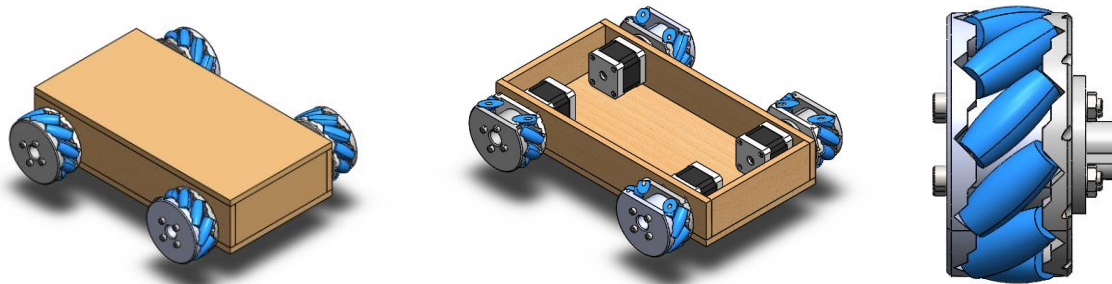


FIGURA 1. Protótipo do AGV no SolidWORKS.

Quatro motores de passo NEMA 17 modelo 17HS4401 com 22 mm de comprimento de eixo, 4,2 kg.cm de torque e corrente de 1,7 A foram escolhidos para compor o sistema de locomoção do AGV. Por ser de interesse principal que o veículo possua altos níveis de mobilidade, um ponto crucial para definição dos motores foi o ângulo do passo e o número de fases, que para o componente em questão exibe os valores de  $1.8^\circ$  ( $200 \text{ passos} - 360/200 = 1,8$ ) e duas, respectivamente.



FIGURA 2. Motores de Passo utilizados para confecção do AGV.

### Sistema eletrônico

Para definição dos componentes eletrônicos, foram realizados de maneira paralela: a) revisões sistêmicas sobre a aplicação de diferentes elementos que compõem sistemas robóticos; b) reuniões com profissionais especializados na área de aplicabilidades mecatrônicas; e c) análises persistentes na composição veiculada pelo projeto da *How To Mechatronics*. O ponto ótimo para realização do proposto pelo presente estudo foi definido como a união das três etapas de planejamento. Para tanto, os itens mencionados e explanados abaixo sustentam a idealização do AGV como um robô tanto funcional quanto relativamente acessível.

À priori, uma placa de circuito impressa (PCI) foi projetada e fabricada para servir como base para a integração de todo o circuito eletrônico, atendendo aos requisitos dimensionais e funcionais do projeto. Na PCI serão soldados todos os componentes eletrônicos selecionados para compor o AGV. Após a finalização da montagem do circuito, a placa deve ser conectada ao arduíno através de pinos conectores. Para essa aplicação, apesar de inicialmente ter se cogitado a utilização do Leonardo, ficou acordado que o Arduino Mega 2560, por possuir outro microcontrolador, apresenta maior memória e quantidade elevada de funções se comparado a plataforma estudada para implementação no início do projeto.

A movimentação dos motores é realizada através da conversão dos sinais de pulso gerados pelos controladores pelos drivers, que fornecem a corrente exigida para *startar* os motores de passo. Quatro drivers DRV8825 com 6 ajustes de resolução cada e quatro capacitores com  $100\mu\text{F}$  de capacitância formam o sistema responsável para acionar e controlar os motores. *Jumpers* foram utilizados para fazer a conexão entre cada motor e seu respectivo driver.

Dois bornes KRE 2 vias  $180^\circ$  foram utilizados para controlar tanto a alimentação quanto o acionamento do circuito. Um é responsável por permitir ou desabilitar o funcionamento da placa e o outro por alocar uma entrada de 12V e o GND (terra). De maneira complementar, dois módulos também

foram identificados como necessários para o funcionamento adequado do AGV, sendo eles a) o módulo de Bluetooth HC-05, permitindo que haja paramento com demais dispositivos (como computadores, celulares ou controles remotos) e b) o módulo NRF24L01, classificado como um transceptor que pode enviar e receber dados *wireless*, de baixo custo e baixo consumo. Tais componentes de comunicação e a PCI estão ilustrada na Figura 3.



FIGURA 3. Placa de circuito impressa e componentes de comunicação.

### Montagem final

Através da utilização de um ferro de solda de 26W de potência específico para trabalhos com componentes eletrônicos e eletrodo de estanho de 1 mm de diâmetro, os itens definidos na subseção anterior e demais elementos necessários para o bom funcionamento da aplicação foram soldados na PCI, posteriormente encaixada no arduíno, como se pode observar na Figura 4.

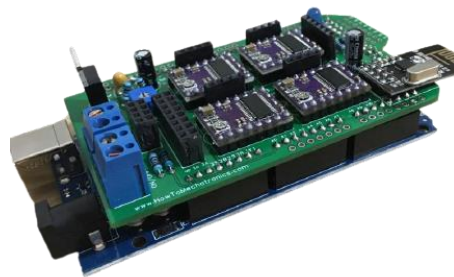


FIGURA 4. PCI com os componentes soldados ligada ao arduíno.

Os roletes e as bases de encaixe das rodas foram impressos na impressora 3D de modelo CORE XY utilizando como material um polímero termoplástico denominado pela sigla PLA (ácido polilático – do inglês *polylactic acid*); tal impressora foi desenvolvida e construída pelo grupo de pesquisadores do IFSP campus Sertãozinho. Após a devida impressão de todo o conjunto, realizou-se inspeção visual e dimensional para que a adequação da geometria fosse certificada; os itens que não obedeceram aos limites definidos foram descartados e novamente confeccionados. As rodas foram então montadas através da utilização de parafusos de 4 mm e pinos de fixação de 3 mm de diâmetro.

Por fim, a caixa que abriga o sistema foi trabalhada para que as rodas e os eixos dos motores pudessem ser acoplados através de furos de encaixe. Posteriormente, jumpers fizeram a interligação entre os motores e o sistema eletrônico confeccionado, finalizando a comunicação entre os componentes do conjunto.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O AGV encontra-se em período de testes e manutenções para verificação do ótimo funcionamento do veículo; entretanto, os primeiros testes exibiram boas respostas de todos os componentes e suas respectivas funções de movimentação e comunicação. Também foi desenvolvido uma plataforma mobile para controle geral do robô, alterando e analisando parâmetros de movimentação como direção e velocidade. Como trabalhos futuros considera-se a aprimoração geral do veículo e incrementação na sua forma de controle, permitindo que sejam alterados outros parâmetros como controle de carga de bateria (autonomia) e localização na planta (autoprogramação de rota).



FIGURA 5. AGV pré-montado.

Ressalta-se que este projeto de pesquisa está inserido em projeto maior que se encontra em desenvolvimento no IFSP campus Sertãozinho, denominado “Desenvolvimento de uma Plataforma Didática de Célula de Manufatura Integrada em escala fundamentada nos conceitos de Manufatura Enxuta e Indústria 4.0”. Tal plataforma será composta de estoques de matéria prima e peças acabadas, estações de trabalho, o AGV construído através do presente estudo e um sistema digital de programação de processos produtivos e controle de estoque.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, pode-se considerar que os objetivos principais estabelecidos à priori foram alcançados. A definição dos componentes, cotação e posterior aquisição dos mesmos serviram de alicerce para confirmar a viabilidade de construção do AGV dentro dos limites propostos pelo presente estudo. A importância da acessibilidade aos mecanismos de concepção deste tipo de tecnologia nos dias atuais se mostra em ascendência exponencial, visto que as necessidades gerais, sejam em ambientes fabris, acadêmicos ou até mesmo domésticos, estão diretamente ligadas a três fatores principais, sendo estes a) praticidade; b) desempenho; e c) diminuição de tempo empregado. Nesse contexto, um AGV pode ser a solução para sanar tais urgências.

Além disso, pode-se citar o fator didático presente no desenvolvimento desse tipo de projeto. Para o IFSP, campus Sertãozinho, a realização do estudo apresentado configura também um ganho para o suporte ao conhecimento de técnicas necessárias para a boa formação de engenheiros mecânicos e eletricitistas.

Em suma, conclui-se que apesar de progressivamente mais robustas, as tecnologias têm trazido versões cada vez mais acessíveis que apresentam resultados favoráveis quando os padrões analisados remetem às funções substanciais. Com relativamente baixo orçamento se comparado às conveniências, é possível projetar, conceber e utilizar um robô para transporte de itens que além de útil, agrega conhecimento, experiência teórica e técnicas práticas aos cientistas envolvidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP pela infraestrutura cedida e ao CNPq pelo auxílio financeiro que viabilizou a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica da Indústria 4.0. In: *Final report of the Industrie*, Vol. 4, pp. 82. 2013.

LE-ANH, T.; DE KOSTER, M.B.M., 2006. Uma revisão de projeto e controle de sistemas de veículos autoguiados. In: *European Journal of Operational Research*, Vol. 171, No. 1, pp. 1-23. 2006.

ROBÔ de Sistema Mecânico Automatizado. How to Mechatronics, 2019. Disponível em: <<https://howtomechatronics.com/projects/arduino-mecanum-wheels-robot/>>. Acesso em novembro de 2020.

VENTRIGLIO, R., 2004. AGV – Automathed Guided Vehicle. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, Universidade de São Francisco, Itatiba, Brasil.