



ABORDAGEM COLABORATIVA PARA INTERFACE HUMANO-ROBÓTICA EM PROCESSOS DE ACABAMENTO NA FUNDIÇÃO

ANA JULIA VACCARI GAROZI – anajuliagarozi@alunos.utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR - LONDRINA

EDUARDO FERREIRA BRUNIERA – brunieraedu@gmail.com
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR - LONDRINA

ROGÉRIO TONDATO – rogeriotondato@utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR - LONDRINA

SILVANA RODRIGUES QUINTILHANO – squintilhano@utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR - LONDRINA

JORGE AUGUSTO PESSATO MONDADORI – jorge.mondadori@sistemapfiep.org.br
SISTEMA FIEP - PARANÁ

ÁREA: 08. ENGENHARIA DO TRABALHO

SUBÁREA: 8.1 - PROJETO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

RESUMO: ESSE PROJETO VISA A APLICAÇÃO DE ROBÔS COLABORATIVOS NA ETAPA DE REBARBAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA SITUADA NO SUL DO BRASIL DE FUNDIÇÃO AUTOMOTIVA E MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM O OBJETIVO DE MELHORAR A ERGONOMIA, PADRONIZAÇÃO E PRODUTIVIDADE. O ESTUDO ENVOLVEU VISITAS TÉCNICAS, MAPEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO, CRONOANÁLISE DAS OPERAÇÕES E SIMULAÇÕES POR MEIO DO SOFTWARE SIMULAÇÃO DE PROCESSOS QUE PERMITE A AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS NO AMBIENTE FABRIL. OS RESULTADOS INDICAM QUE INTRODUÇÃO PODE DIMINUIR O NÚMERO DE OPERADORES NA ETAPA REFERENCIADA, MANTENDO A QUALIDADE E REDUZINDO FALHAS. A AUTOMAÇÃO SE MOSTROU PROMISSORA E OS PRÓXIMOS PASSOS INCLUEM TESTES PRÁTICOS E VALIDAÇÃO DO MODELO COM DADOS REAIS.

PALAVRAS-CHAVES: ERGONOMIA; ROBÓTICA COLABORATIVA; SIMULAÇÃO DE PROCESSOS.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por eficiência, segurança e qualidade nos processos industriais tem impulsionado o avanço de tecnologias voltadas à automação e à colaboração entre humanos e robôs. No entanto, setores como o de fundição automotiva que é abordado nesse projeto, enfrentam desafios significativos relacionados a exposição dos trabalhadores a tarefas repetitivas e insalubres que aumentam consideravelmente o risco de acidentes e doenças ocupacionais, mais especificamente na etapa de rebarbação que é o foco do trabalho.

Ademais, esses problemas impactam nos custos da empresa, conforme abordado por Kmita et al. (2003), no qual se relata que o sistema não se considerava as questões econômicas do ambiente de trabalho e esses impasses por problemas de coluna refletiam U\$ 10.000,00 em tempo desperdiçado por parada de máquina, afastamento e tratamento médico, sem considerar custos indiretos como defeitos, retrabalhos, perda de tempo e acidentes. Neste caso, após a realização de uma visita técnica na empresa, foram identificadas diversas oportunidades de melhoria nos processos, mas o setor de rebarbação destacou-se como o mais adequado para receber automação, por reunir características como alto volume de produção, tarefas repetitivas, risco ergonômico elevado, e baixo índice de variabilidade entre ciclos operacionais.

Nesse contexto, o presente projeto propõe uma abordagem colaborativa para a integração de robôs no processo de rebarbação em uma indústria de fundição automotiva e máquinas agrícolas, utilizando o sistema operacional ROS (*Robot Operating System*) que visa a transformação da fundição e vidas humanas envolvidas, criando um ambiente de trabalho livre de riscos, seguro e saudável. A proposta envolve o uso de plataformas robóticas comerciais adaptadas, com foco na segurança operacional, ergonomia e melhoria do fluxo produtivo.

O principal objetivo do estudo é investigar a aplicação de robôs colaborativos em etapas repetitivas e monótonas da linha de produção, propondo alterações no layout e fluxo de trabalho que aumentem a produtividade e a qualidade, ao mesmo tempo em que reduzem os riscos à saúde dos colaboradores. Para isso, serão realizadas coletas de dados em campo e simulações do ambiente fabril por meio do software de simulação de processos, possibilitando uma análise precisa dos gargalos operacionais e das oportunidades de automação.

A justificativa para este projeto está ancorada na necessidade de modernização dos

processos de fundição, que ainda apresentam altos índices de esforço físico e riscos ocupacionais. A transformação digital da cadeia produtiva, especialmente no setor automotivo, exige soluções que promovam um ambiente de trabalho mais seguro, eficiente e humano. Assim, esta pesquisa contribui tanto para o avanço tecnológico quanto para o bem-estar dos trabalhadores envolvidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ergonomia na Indústria

Kouabenan (2007 apud GOUTILLE et al., 2016) afirma que assim que um risco é percebido, o ser humano tende a construir defesas mentais para proteção fazendo com que este tenha comportamentos desconfiados e resistência às mudanças, de maneira geral. Nesse sentido, a ergonomia no setor da indústria tem por objetivo construir melhores relações entre trabalhador e o ambiente em que está inserido, já que é normal que todos os envolvidos tenham expectativas e necessidades em relação à interação com o produto a ser fabricado – os chamados “clientes internos” –, neste caso, é necessário considerar aspectos ergonômicos no processo de interação com máquinas e ferramentas (HENDRICK & KLEINER, 2001).

Além disso, é essencial que os equipamentos quanto o ambiente estejam adaptados às características de cada trabalhador, o operador de máquinas automatizadas, de maneira geral, sofre menos acidentes físicos como, por exemplo, queimaduras ou quedas. Porém, isso não exclui outros sintomas de fadiga ao final de seu turno (MUÑOZ, 1998).

Ademais, a introdução da robótica colaborativa visa mitigar esses problemas, fazendo com que os trabalhadores assumam outras tarefas que possuem maior complexidade, enquanto os robôs executam atividades repetitivas (MATHIASSEN, 2006). Ou seja, esse tipo de tecnologia, além de melhorar a produtividade contribui para a amenização do esforço físico dos trabalhadores, diminuindo riscos ergonômicos. Segundo, de Simone et al. (2022), esse recurso, reduz a sobrecarga biomecânica, prevenindo força excessiva ou posições desconfortáveis.

2.2 Indústria 4.0 e Automação na Manufatura

A Quarta Revolução Industrial é diferente das demais que ocorreram anteriormente, devido a rapidez com que são implementadas e pelo impacto profundo nos modelos de produção preexistentes, nesse sentido, a Indústria 4.0 tem transformado os processos produtivos integrando tecnologias robóticas no dia a dia das manufaturas (SCHWAB, 2016).

De acordo com Kagermann et al. (2013), a utilização da automação nas operações permite a tomada de decisões baseada em dados em tempo real, facilitando a manutenção preditiva e personalização em escala, por exemplo. Contudo, pode-se ter problemas na fase de implementação dessas tecnologias relacionadas à capacidade de integração de todos os sistemas operantes e adaptação dos colaboradores ao uso delas. Nesse sentido, a implementação da automação é promissora em questões de produtividade, padronização e qualidade, porém é necessário atenção no treinamento dos operadores para a utilização dessa nova tecnologia que surge com a Indústria 4.0.

2.3 Impacto Econômico da Automação

A introdução de tecnologias nos processos produtivos tende a impulsionar a produtividade empresarial, ao mesmo tempo em que auxilia nas atividades antes feitas de maneira manual. Essa transformação pode gerar tanto a eliminação de determinadas funções quanto a criação de novas oportunidades de trabalho, dependendo do setor e do nível de qualificação exigido (VERMEULEN et al., 2018) resultando em implicações econômicas importantes. De acordo com o relatório *The Future of Work in Europe* (SMIT et al., 2020), a automação tem o potencial de alterar o mercado de trabalho europeu, conforme o estudo, porém ela traz alterações nos mercados de maneira geral, promovendo ganhos de eficiência, mas também redistribuindo os empregos entre setores e regiões. O estudo enfatiza que, embora a automação possa reduzir a demanda por mão de obra em ocupações mais repetitivas e de baixa qualificação, ela impulsiona o crescimento econômico em centros urbanos dinâmicos, onde há maior concentração de setores inovadores e de alta tecnologia, resultando na substituição de empregos tradicionais por criação de outros que exigem uma maior qualificação do trabalhador.

Nesse sentido, segundo Posadas et al. (2008), esses avanços tecnológicos podem ter efeitos neutros sobre o número total de empregos, ao passo que aumentam a produtividade e, consequentemente, os rendimentos dos trabalhadores, demonstrando que o impacto sobre os empregos dependa da capacidade de adaptação do mercado e das políticas adotadas para a capacitação dos trabalhadores. Além disso, Frey & Osborne (2017) destacam que o investimento contínuo em capacitação da força de trabalho é um dos fatores essenciais para garantir efeitos positivos da automação. A preparação adequada dos trabalhadores para as novas exigências do mercado é essencial não apenas para mitigar os riscos de desemprego estrutural, mas também para promover uma transição tecnológica mais justa, inclusiva e sustentável.

2.4 Robôs Colaborativos

Um robô que é projetado para ajudar humanos em uma tarefa específica ou que permite que se possa trabalhar simultaneamente com eles no mesmo espaço é chamado de robô colaborativo ou *cobot* e, para que este possa exercer devidamente sua função, é necessário considerar fatores de design para que sejam seguros e permitam o trabalho entre humano e máquina (FRANKLIN et al., 2020). Eles não substituem completamente as tecnologias convencionais, mas contribuem para a melhoria das condições em pró do trabalhador, melhorando as condições operacionais, principalmente em termos ergonômicos.

Segundo Vysocky & Novak (2016), esse tipo de tecnologia contribui para a melhoria do ambiente de trabalho em geral, reduzindo a quantidade de lesões, diminuindo os riscos e ferimentos ao longo da jornada. Além disso, a empresa tem benefícios como aumento da competitividade no mercado, maior precisão de fabricação nos processos, diminuição do retrabalho e aumento da produtividade.

Ademais, de acordo com Bishop (2006), técnicas relacionadas ao aprendizado de máquina permite que os sistemas executados por robôs se tornem mais eficientes com o tempo, como reduzindo falhas e aumentando a precisão da execução por meio da adaptação baseada em dados.

2.5 Processos de Fundição e Rebarbação

Desde o começo das civilizações humanas, a fundição teve um papel importante para o desenvolvimento de objetos metálicos e ferramentas, embora rudimentares, essas técnicas revelavam um domínio sobre aspectos como calor e fluidez dos materiais, sendo uma das mais antigas maneiras de fabricação. Mesmo com os avanços da tecnologia no contexto atual, Campbell (2011) destaca que muitos dos defeitos encontrados na modernidade ainda se assemelham aos mesmos correlatados há séculos, o que implica na atenção contínua da qualidade ao longo da produção. Segundo Kang et al. (2024), esse processo envolve diversas etapas fundamentais para garantir a integridade da peça final e entre elas, pode-se destacar a rebarbação que tem por objetivo eliminar os excessos e aprimorar o acabamento da superfície do produto.

Mais recentemente, Petrone et al. (2024) apontam que algoritmos inteligentes integrados a sistemas robóticos têm ampliado a precisão da rebarbação. Esses sistemas conseguem ajustar automaticamente a força aplicada durante o processo, o que contribui para um acabamento mais homogêneo e redução de falhas, além de aumentar a eficiência e a

repetibilidade da operação. Nesse sentido, o projeto visa a implementação da automação nessa etapa promovendo o melhor desenvolvimento das atividades no setor da empresa em questão, melhorando questões como qualidade e padronização.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 Estudo Inicial da Linha de Produção

O ponto de partida foi a avaliação técnica do robô selecionado e as especificações consideradas foram carga útil, grau de liberdade, alcance operacional, precisão de repetibilidade, compatibilidade com ferramentas abrasivas e a interface de controle. Também foi analisado o nível de segurança, visto que a operação se daria em ambiente compartilhado com humanos, sendo que a facilidade de programação e a adaptabilidade às condições do chão de fábrica foram aspectos determinantes para sua escolha.

Posteriormente, foi realizada uma visita técnica inicial à planta industrial, visando compreender a disposição física do layout, o fluxo de produção, os equipamentos utilizados e as dinâmicas operacionais em tempo real. Durante a visita, foram identificadas diversas oportunidades de melhoria nos processos, mas o setor de rebarbação destacou-se como o mais adequado para receber automação, por reunir características como: alto volume de produção, tarefas repetitivas, risco ergonômico elevado, e baixo índice de variabilidade entre ciclos operacionais. Essas condições favorecem a aplicação de tecnologia robótica com alta previsibilidade de resultados e retorno sobre o investimento.

3.2 Mapeamento do Processo

Para uma tomada de decisão mais embasada, foi realizado um mapeamento completo do processo produtivo, com foco na cadeia de valor e nos tempos de operação em cada etapa. Esse trabalho envolveu a observação direta, entrevistas com operadores e técnicos da fábrica, análise documental e cronometragens.

O processo inicia-se na Marcharia, onde são criados os moldes das peças a partir de modelos de madeira ou resina. Em seguida, moldes bipartidos são montados com areia aglomerada, formando cavidades nas quais o metal líquido é despejado. Após o resfriamento, ocorre a desmoldagem e a quebra dos canais de alimentação. Essas peças passam por etapas de limpeza inicial para a retirada de areia residual e são, então, encaminhadas ao setor de rebarbação. É nesta fase que se concentra o trabalho manual mais intenso, com grande exigência física e técnica por parte dos operadores. As operações incluem lixamento, corte de

excessos, esmerilhamento e inspeção visual.

Foram identificados gargalos operacionais no processo, relacionados à variabilidade no tempo de execução, à necessidade constante de reposicionamento das peças e à dependência da experiência dos operadores para garantir a qualidade. Esse cenário indicou forte potencial para padronização por meio da automação.

3.3 Análise do Setor de Rebarbação

O setor de rebarbação foi analisado sob três aspectos principais: produtividade, ergonomia e padronização. A área é composta por quatro bancadas de trabalho, cada uma equipada com ferramentas abrasivas manuais, sendo operadas simultaneamente por quatro colaboradores em regime de turno contínuo.

Durante o estudo, foram realizadas medições de tempo em ciclos completos, utilizando metodologia de cronoanálise. Cinco ciclos foram medidos por peça e operação, resultando em estatísticas confiáveis para modelagem. Também foi adotada a técnica de observação participativa para captar os gestos, deslocamentos e posturas dos operadores, conforme métodos da ergonomia aplicada. A Tabela 1 apresenta os resultados para o modelo de peça 1.

TABELA 1 – Tempos para a Operação na Peça do Tipo 1.

Tempos (seg)	Rebolo	Disco/Retífica	Total
Tempo 1	102,34	107,04	209,38
Tempo 2	107,43	97,88	205,31
Tempo 3	91,05	114,36	205,41
Tempo 4	109,01	100,04	209,05
Tempo 5	92,13	101,98	194,11
Média	100,39	104,26	204,65
Desvio Padrão	8,41	6,59	6,20

Fonte: autoria própria (2025).

Pode-se observar que a peça 1 possui apenas as etapas de Rebolo e Disco/Retífica, proporcionando tempos individuais por atividade e no total, gasto por peça. Estes dados, são importantes para a utilização do software de simulação de processos, para simulação do processo, e consequentemente virtualização dos ganhos obtidos.

Já para a peça 2, os tempos podem ser vistos na Tabela 2, que apresentam os resultados para o Rebolo e Disco/Retífica.

TABELA 2 – Tempos para a Operação na Peça do Tipo 2.

Tempos (seg)	Rebolo	Disco/Retífica	Total
Tempo 1	68,87	45,20	114,07
Tempo 2	70,92	45,20	116,12
Tempo 3	78,86	42,70	121,56
Tempo 4	68,46	45,60	114,06
Tempo 5	68,86	44,30	113,16
Média	71,19	44,60	115,79
Desvio Padrão	4,39	1,16	3,40

Fonte: autoria própria (2025).

Por outro lado, a peça 3 apresenta apenas a operação de rebolo demandando menor tempo de operação, incluindo nesta etapa. Entretanto, um desvio mais significativo em relação à média, data a dificuldade de operação nesta peça, conforme é observado na Tabela 3:

TABELA 3 – Tempos para a Operação na Peça do Tipo 3.

Tempos (seg)	Rebolo
Tempo 1	14,85
Tempo 2	16,36
Tempo 3	16,68
Tempo 4	22,50
Tempo 5	19,16
Média	17,91
Desvio Padrão	3,00

Fonte: autoria própria (2025).

Por fim, a peça 4 que apresenta 3 operações durante a rebarbação, sendo estas o rebolo, disco/retífica e corte, conforme a Tabela 4:

TABELA 4 – Tempos para a Operação na Peça do Tipo 4.

	Rebolo	Disco/Retífica	Corte	Total
Tempo 1	98,05	74,25	33,72	206,02
Tempo 2	94,83	84,25	29,29	208,37
Tempo 3	79,40	83,72	36,46	199,58
Tempo 4	95,23	83,66	25,70	204,59
Tempo 5	94,04	70,33	29,12	193,49
Média	92,31	79,24	30,86	202,41
Desvio Padrão	7,37	6,50	4,23	5,93

Fonte: autoria própria (2025).

Neste caso, a peça 4 será a última a ser implementada a automação, devido a presença de 3 operações distintas que dificultam o processo. Devido a maior simplicidade dos processos e geometria favorável, a peça 2 foi selecionada como o principal objeto de estudo, representando cerca de 20% da produção da planta. Com base em seu modelo CAD fornecido pela empresa, foi possível simular virtualmente os pontos de pegada, trajetórias de corte e esforços necessários para cada movimento do robô.

Foram documentadas todas as operações envolvidas, incluindo:

- Preparação e fixação da peça.
- Acionamento da ferramenta abrasiva.
- Troca de ferramenta quando necessário.
- Inspeção final e separação por qualidade.

Os tempos médios e desvios padrão coletados na cronoanálise foram utilizados para configurar os recursos (máquinas e operadores) com distribuições normais. Também foram simulados fatores de variabilidade real, como o tempo de troca de ferramentas, o deslocamento de operadores e o tempo de alimentação de peças. Desse modo, a simulação permitiu prever os seguintes aspectos:

- Aumento de produtividade em até 25% no cenário com robô.
- Redução da variabilidade dos ciclos em mais de 50%.
- Diminuição da ocupação do espaço físico por redistribuição de layout.
- Possibilidade de realocação de operadores para funções de maior valor agregado.

Além disso, foi possível testar hipóteses de “e se?”, como mudanças no tempo de setup, aumento da demanda ou introdução de turnos extras, conferindo à empresa uma

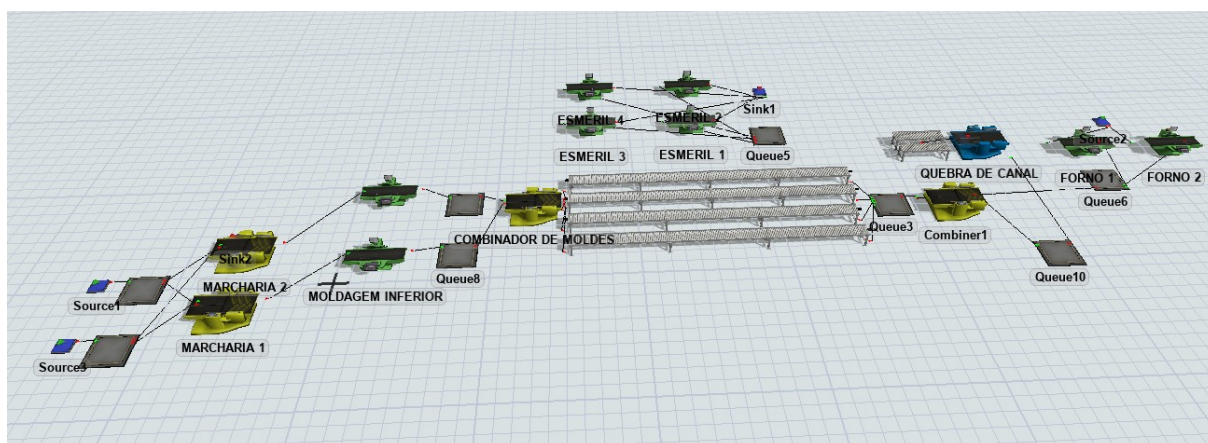
ferramenta poderosa de tomada de decisão.

3.4 Simulação em Ambiente Virtual

Com os dados coletados em campo, a linha de produção foi modelada em um ambiente virtual utilizando o software de simulação, especializado em simulações tridimensionais de processos industriais. Nessa etapa foi analisado cenários futuros e validação de hipóteses de melhoria sem interferir diretamente na produção real.

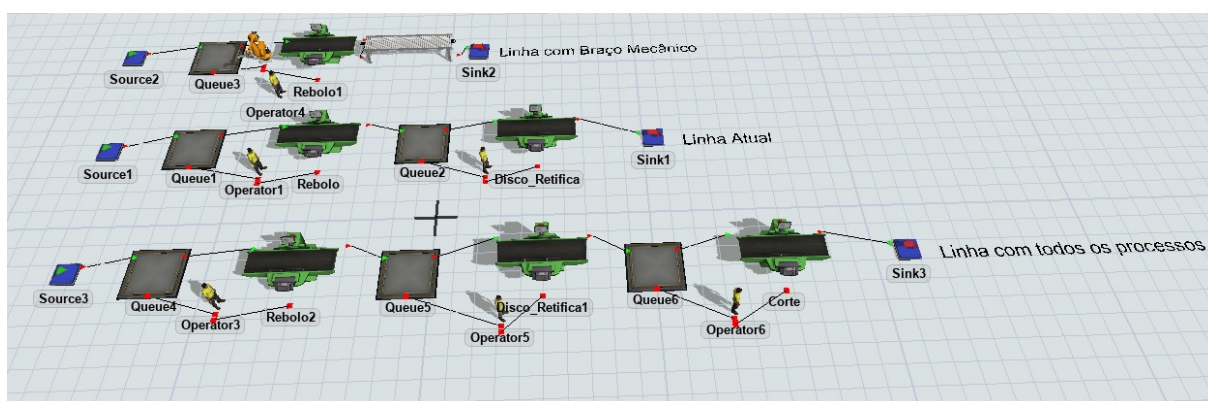
O modelo simulado replicou a dinâmica da fábrica, desde a moldagem até a rebarbação. Foram inseridos tempos reais coletados durante a cronoanálise, além da sequência operacional observada, conforme as figuras 1 e 2 abaixo:

FIGURA 1 – Modelagem da Linha de Produção.



Fonte: autoria própria (2025).

FIGURA 2 – Modelagem da Linha de Estudo.



Fonte: autoria própria (2025).

Essa simulação permitiu também estudar a influência de variáveis como: tempo de setup, tempo de troca de ferramentas, fila de peças e ergonomia do processo. E para a

configuração das máquinas no software, foi utilizado os tempos coletados e, a partir de uma distribuição normal para as máquinas, foi possível ter a média de tempo de cada máquina para cada peça utilizada e o respectivo desvio padrão.

Na Figura 2 a primeira linha de produção é a implementação do robô, na segunda linha de produção foi pega a peça principal de estudo com os seus devidos tempos colocados e pôr fim a última linha de produção, foi colocado uma peça com todos os processos.

4. CONCLUSÃO

Diante da análise da linha de produção e da modelagem realizada no software simulação de processos, foi possível identificar oportunidades reais de otimização por meio da implementação de um robô na etapa de remoção de rebarbas. A simulação permitiu visualizar cenários com e sem automação, tornando claro o potencial da tecnologia para melhorar o fluxo de trabalho, reduzir o tempo de ciclo e diminuir o esforço físico repetitivo dos operadores.

Embora o robô ainda esteja em fase de testes, estima-se que sua introdução no processo permitirá uma significativa redução de mão de obra nesse setor específico. Atualmente, a operação é feita por até quatro pessoas em bancadas distintas, e espera-se que, com o robô em funcionamento, apenas um operador seja necessário para realizar o setup inicial e alimentar a máquina com as peças. Essa mudança representaria uma redução de dois a três colaboradores nessa etapa, sem comprometer a qualidade final das peças. Além disso, a automação tende a trazer maior padronização e repetibilidade ao processo, reduzindo falhas e retrabalhos.

Por fim, os próximos passos do projeto envolvem o acompanhamento dos testes práticos do robô, a coleta de novos dados reais de tempo e produção, e a comparação com os resultados simulados. Essa análise futura permitirá validar o modelo proposto e, se necessário, realizar ajustes finos para maximizar os ganhos produtivos. A expectativa é que, com a consolidação do robô no processo, a fábrica obtenha melhorias tanto em produtividade quanto em ergonomia, consolidando a automação como uma solução viável e estratégica para o setor.

REFERÊNCIAS

BISHOP, Christopher M.; NASRABADI, Nasser M. **Pattern recognition and machine learning**. New York: springer, 2006.

CAMPBELL, John. **Complete casting handbook: Metal casting processes**. Metallurgy, Techniques and Design, 2011, vol. 2, p. 244.

DE SIMONE, Valentina, et al. **Human-Robot Collaboration: An analysis of worker's performance**. *Procedia Computer Science*, 2022, vol. 200, p. 1540-1549.

FRANKLIN, Carole S., et al. **Collaborative robotics: New era of human-robot cooperation in the workplace**. *Journal of Safety Research*, 2020, vol. 74, p. 153-160.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. **The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?**. *Technological forecasting and social change*, 2017, vol. 114, p. 254-280.

GOUTILLE, Fabienne, et al. **Prescrição e utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) em atividades com exposição a produtos químicos cancerígenos, mutagênicos e reprotóxicos (CMR): Pesquisa-ação pluridisciplinar em uma fábrica francesa de decoração para móveis**. *Laboreal*, 2016, vol. 12, no N°1.

HENDRICK, Hal W.; KLEINER, Brian M. **Macroergonomics: An introduction to work system design**. (No Title), 2001.

JAZANI, Reza Khani; MOUSAVI, Sajad. **The impacts of ergonomic aspects on the quality**. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 2014, vol. 2014.

KAGERMANN, Henning et al. **Recommendations for implementing Industry 4.0**. Berlin: DIN, 2013.

KANG, Jin-wu, et al. **Intelligent casting: Empowering the future foundry industry**. *China Foundry*, 2024, vol. 21, no 5, p. 409-426.

KMITA, Silvério F.; PORTICH, Paulo; GUIMARÃES, LB de M. **Custos ergonômicos+ 7 perdas: 8 perdas no sistema de produção**. *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP. Anais... Ouro Preto*, 2003.

MATHIASSEN, Svend Erik. **Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know?**. *Applied ergonomics*, 2006, vol. 37, no 4, p. 419-427.

MUÑOZ, Rolando Carrión. **La Ergonomía y Automatización de los Procesos**. *Industrial Data*, 1998, vol. 1, no 2, p. 21-23.

PETRONE, Vincenzo; FERRENTINO, Enrico; CHIACCHIO, Pasquale. **On the role of Artificial Intelligence methods in modern force-controlled manufacturing robotic tasks**. *arXiv preprint arXiv:2409.16828*, 2024.

POSADAS, Benedict C., et al. **Socioeconomic impact of automation on horticulture production firms in the northern Gulf of Mexico region.** *HortTechnology*, 2008, vol. 18, no 4, p. 697-704.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution.** [S.l.]: Forum Econômico Mundial – Penguin, 2016.

SMIT, Sven, et al. **The future of work in Europe.** 2020.

VERMEULEN, Ben, et al. **The impact of automation on employment: just the usual structural change?.** *Sustainability*, 2018, vol. 10, no 5, p. 1661.

VYSOCKY, Ales; NOVAK, Petr. **Human-robot collaboration in industry.** *MM Science Journal*, 2016, vol. 9, no 2, p. 903-906.