

MUDANÇAS À VISTA: PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE UM MISTURADOR DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE POLÍMEROS

Prof. Dr. Wagner Marques

Universidade Candido Mendes

Email: wagner.marques@professor.ucam.edu.br

Vitor dos Santos Cruz

Universidade Candido Mendes

E-mail: vt_rj@hotmail.com

Resumo

A automação de processos industriais é uma forma que tem se consolidado como uma estratégia para a melhoria da eficiência, redução de erros e aumento da produtividade nas empresas. Este estudo objetivou automatizar um setor produtivo da Guaratiba Plástico Ltda., mais especificamente o processo realizado pelo misturador de matérias-primas, buscando otimizar a produção de termoplásticos. Alicerçada nos pressupostos da pesquisa-ação, a investigação foi desenvolvida mediante as fases exploratória, de execução e de constatação. Embora a implementação não tenha sido possível no equipamento devido às condições atuais da organização, os resultados, vislumbrados de forma virtual por meio do software CADe SIMU 4.0, indicaram tendência a melhorias significativas na padronização das etapas de mistura, como diminuição da não conformidade fora de cor, redução do tempo dos preparos de misturas e um decréscimo considerável do esforço repetitivo humano, sinalizando a expectativa de ganhos em termos de eficiência operacional, de competitividade e de sustentabilidade.

Palavras-chave: Misturador de Matérias-Primas; Automação de Processo; Produção de Termoplásticos; Software CADe SIMU 4.0.

Abstract

Industrial process automation is a consolidated strategy for improving efficiency, reducing errors, and increasing productivity in companies. This study aimed to automate a production sector at Guaratiba Plástico Ltda., specifically the raw material mixer, seeking to optimize thermoplastic production. Based on action research principles, the investigation was developed through exploratory, execution, and verification phases. Although implementation was not possible on-site due to the organization's current conditions, the results, visualized virtually using CADe SIMU 4.0 software, indicated a trend toward significant improvements in the standardization of mixing steps, such as a reduction in off-color nonconformities, a reduction in mix preparation time, and a considerable decrease in repetitive human effort. This signals expected gains in operational efficiency, competitiveness, and sustainability.

Keywords: Raw Material Mixer; Process Automation; Thermoplastic Production; Software CADe SIMU 4.0.

1 Introdução

Automação é a forma que desenvolvemos para aumentar a performance, padronizar tarefas e sistemas, diminuir esforço humano e melhorar assertividade em ações que eram executadas de forma manual. Com o avanço da tecnologia, as empresas têm encontrado maneiras cada vez mais inovadoras de aumentar a produtividade e eficiência operacional, como a indústria 4.0, para representar o movimento de transformação dos processos industriais. Nessa direção, as empresas estão cada vez mais tendo que aderir a essas tecnologias para acompanhar o mercado e se destacar dos demais levando em consideração os concorrentes, tendo em vista clientes exigentes em relação a tudo que consomem.

A mídia faz com que os clientes tenham acesso, em tempo real, a tudo inovador, e, com isto, as organizações precisam estarem sempre se aperfeiçoando. O processo precisa sempre passar por avaliação, verificação de melhorias contínuas e sempre de forma abrangente, não levando em consideração somente em âmbito pontual,

mas também a abrangência. A tecnologia e inovação na automação buscam reduzir a interação homem x máquina e diminuição dos acidentes de trabalho (Pedro *et al.*, 2024; Pedroni, Coelho, 2024). Consoante a essa perspectiva, este projeto apresenta o objetivo de automatizar um setor produtivo, misturador de matérias-primas, da fábrica Guaratiba Plástico Ltda, cujo cenário que encontramos hoje, no processo, representa-se por baixa eficiência, falta de padronização do processo e ausência de redução de doenças ocupacionais, bem como de possíveis acidentes de trabalho. Vislumbramos que a automação do procedimento tenda a possibilitar redução de custos e de desperdícios, aumento da performance, melhoria contínua no processo de mistura das matérias-primas, eliminação do esforço repetitivo de forma manual, garantindo a segurança dos colaboradores e melhorando a assertividade no equipamento.

O misturador de matérias-primas é um equipamento fundamental quando o assunto é produção de termoplástico, produto tão importante que sua fabricação foi evoluindo nos últimos anos, tornando-o muito mais eficiente e seguro. Por esse motivo, também é possível encontrar diversos modelos desses equipamentos mercado atual. Desta forma, pretendemos investigar **que renovações são possibilitadas com a automação do processo do misturador de matérias-primas?** De maneira específica, buscamos (i) diminuir as não conformidades do processo por meio da automação, reduzindo também o retrabalho, (ii) aumentar a velocidade que as misturas são feitas e (iii) reduzir o esforço repetitivo humano.

Nesse contexto, o presente manuscrito é composto por esta introdução, seguida da revisão da literatura em que o estudo parte de uma investigação realizada com base no *Google Acadêmico*, voltada ao uso de misturadores em processos envolvendo polímeros, a qual contribuiu com *insights* sobre automação, redução de desperdícios, reaproveitamento de resíduos e melhorias nos processos de produção. Prosseguindo, abordamos nossos referencias teóricos, elencando estudiosos que pudessem embasar e sustentar as análises relativas à automação industrial, produção de polímeros e utilização do *software* CAdE SIMU 4.0. Na sequência, discorreremos sobre os aspectos metodológicos desta investigação, sinalizando que a importância da metodologia como base para conduzir uma pesquisa científica de forma organizada. Caminhando para as implementações,

apresentamos o desenvolvimento do projeto, momento em que elaboramos, sob a forma virtual, a automação do misturador de matérias-primas e propusemos sua implantação no processo. Finalmente, em nossos encaminhamentos conclusivos, demonstramos que na pesquisa sobre a automação em misturadores para indústrias termoplásticas foi possível entender melhor o funcionamento do processo e classificar ganhos potenciais com sua aplicação, como a possível redução de não conformidades de cor, aumento da velocidade de mistura e diminuição do esforço físico humano, além de permitir dosagens simultâneas e drenagem automática, eliminando etapas manuais repetitivas e otimizando o tempo do processo de mistura.

2 Cenário teórico

Realizamos revisão da leitura com a procura por conteúdo que se assemelhasse ao tema em voga para tomarmos como base para nosso estudo. Foi utilizado o *Google Acadêmico* como plataforma de busca, com a composição da *string* "misturador" AND "polímero" AND "termoplástico", para a qual houve, inicialmente, o retorno de 1350 estudos. Como recorte temporal, restringimos a procura ao período de 2021 até 2025, reduzindo para 211 pesquisas. A partir da observação dos títulos, outros foram eliminados e, pela leitura dos resumos, pudemos selecionar dez averiguações que mais se aproximavam do nosso interesse (Quadro 1).

Quadro 1: Síntese das pesquisas.

Autor(es)	Ano	Local	Objetivo
Pinheiro, Ruiz, Vasconcelos e Bernucci	2021	Usina asfáltica	Utilizar resíduos de embalagens plásticas para serem inseridos em ligantes asfálticos.
Gonzaga, Morais e Cunha,	2022	Indústria Alpagartas	Recuperar resíduo copolímero butadieno estireno (SBR-r).
Souza, Fernandes e Mangini	2023	Multinacional no setor petroquímico de Ribeirão Preto	Elevar a capacidade produtiva.
Bomfim	2024	Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá	Verificar a valorização de resíduos plásticos e orgânicos através do desenvolvimento de compósitos de poli(ácido láctico) reciclado (PLAR) e de polipropileno reciclado.

Autor(es)	Ano	Local	Objetivo
Dário	2024	Universidade do Extremo Sul Catarinense	Desenvolver compósitos com resíduos de filmes poliméricos laminados e areia.
Santos	2024	Laboratório de materiais da Universidade Federal de Santa Catarina	Introduzir peróxido de dicumila como agente de reticulação durante o processamento do poliuretano.
Silva	2024	Universidade de São Paulo	Promover melhorias estruturais e de desempenho mecânico de filmes de embalagens poliméricas de composição complexa.
Silva, A.	2025	Indústria de polímeros	Explorar processos aplicados para obtenção de polímeros de alta especialidade.
Silva, C.	2025	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	Caracterizar e comparar blendas poliméricas a base de PET+PA66 e PET+PA6T6I, com foco na otimização da barreira a O ₂ .
Silva, J.	2025	Universidade Federal do Amazonas	Obter e caracterizar compósitos de PLA e MCC via Manufatura Aditiva por <i>Liquid Crystal Display</i> .

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos processos presentes nesse panorama investigativo, foram utilizados diferentes modelos e marcas de misturadores para realizar as agregações, com foco na redução de resíduos no meio ambiente, no desperdício de matéria-prima e na diminuição do esforço humano. Pudemos, ainda, trazer à tona referenciais para o embasamento das análises da presente averiguação, elencados a seguir.

2.1 Automação industrial

Segundo os pressupostos de João¹ (2020, apud Pessoa; Spinola; 2014, p. 14), “automação vem do latim *automatus* que significa mover-se por si. A automação é a realização de tarefas sem a intervenção humana com equipamentos e dispositivos que funcionam sozinhos”. Trata-se de uma forma de padronizar processos, retirando o esforço humano, diminuindo perdas e aumentando a velocidade de produção que estamos utilizando em nosso cotidiano. Nesse cenário, é fazer algo sem a interação humana durante o processo, entregando aos produtos, assim, assertividade e flexibilidade nas linhas de montagem, sem mencionar o potencial

¹ JOÃO, Pedro dos Reis Mathias. **A evolução dos sistemas de automação e controle na indústria**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – UNIC, Rondonópolis, 2020. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/45118/1/JOAO_PEDRO_MATHIAS.pdf. Acesso em: 22 nov. 2024.

ganho de tempo entre unidades de produto, tendendo ao sonhado aumento de produtividade e, ao mesmo tempo, à redução do esforço humano, de possíveis acidentes e doenças ocupacionais (Xavier *et al.*, 2023).

Sob as lentes de Simões (2021), automação é um conjunto de formas e técnicas aplicadas em um sistema capaz de receber informações do processo em que ele atua, utilizando essas informações coletadas de forma analítica, podendo controlar o processo, e organizar, otimizando recursos produtivos, matérias, mão de obra, financeiros, econômicos e outros, incidindo de forma parcial ou total, em que se ajustam processos manuais ou semiautomáticos. Nesse sentido, elaboramos uma proposta que incidisse sobre a manufatura de termoplásticos, tratada a seguir.

2.2 Produção de termoplásticos

Os termoplásticos são materiais amplamente utilizados em diversas indústrias devido à sua capacidade de serem moldados e reutilizados por meio da aplicação de calor (Nascimento; Silva; Santos, 2025). Assim, os materiais são submetidos a altas temperaturas, podendo ser conformados de diversas formas, permitindo a fabricação de uma enorme gama de produtos. Podem ser aplicadas diversas técnicas de processamento, dependendo do tipo de item e das suas características. Nunes e Santos (2015, p. 16) afirmam que,

com relação às várias técnicas de moldagem para os materiais plásticos, elas consistem basicamente em fundir a resina por meio de elevadas temperaturas e transportá-la por meio de uma rosca até um molde/matriz com o formato do produto a ser fabricado.

A técnica mais utilizada é a extrusão, que resulta em produtos para a construção civil, como perfis para esquadrias de janelas, tubos, forros, portas sanfonadas; para a indústria alimentícia, como filmes coextrudados e frascos; e para a indústria automobilística, como tanques de combustível, fios e cabos elétricos recobertos e mangueiras com diversas camadas de materiais plásticos.

Souza (2018, p. 13) acrescenta que “a densidade dos materiais poliméricos é determinada principalmente pela sua composição química, ou seja, depende dos elementos químicos que constituem o material, bem como pelo volume ocupado pela molécula”. Os termoplásticos podem ser encontrados em abundância de

diversas formas e produtos desde itens básicos a aplicações indústrias, sendo indispensável na vida moderna, graças à sua versatilidade, durabilidade e adaptabilidade a diferentes características, composição química e usos (Almeida, 2015). De acordo com Castro *et al.* (2016, p. 1), por exemplo, em direção a

atender exigências mais rigorosas dos consumidores e órgãos reguladores, objetivou-se avaliar parâmetros de qualidade a partir do uso de *MicrotracerF-Red* na fábrica da Integral Nutrição Animal, que é automatizada, vertical e possui duas linhas de produção independentes: A300, para suplementos minerais (misturador horizontal de eixo duplo helicoidal) e A200, para rações (misturador horizontal de eixo único com pás).

Na empresa em tela, utilizamos os misturadores verticais para agregação de polímeros de diferentes granulometrias e geometrias para utilização no processo. O misturador vertical se mostra um equipamento de importância destacada na cadeia produtiva da empresa, pois o mesmo é utilizado para combinar diferentes proporções de matérias, otimizando o processo e homogeneizando as misturas para que os produtos sempre estejam dentro do padrão previamente estabelecido pela qualidade, o que reduz a utilização de interação humana na mescla dos polímeros, minimizando as chances de erro durante a produção.

2.3 Software CADe SIMU 4.0

O CADe SIMU 4.0 é uma ferramenta reconhecida no campo da simulação de sistemas de acionamentos elétricos, que se destaca principalmente pela sua capacidade de proporcionar uma análise detalhada de circuitos e dispositivos, facilitando a modelagem e simulação de sistemas complexos. Como ressalta Oliveira (2021), esse *software* oferece uma biblioteca específica de dispositivos e um conjunto de recursos para a detecção de erros, permitindo que os usuários identifiquem falhas antecipadamente, o que é importante para assegurar o funcionamento eficiente e seguro dos sistemas automatizados.

A evolução do CADe SIMU, especialmente na versão 4.0, reflete um esforço contínuo em melhorar a precisão e a confiabilidade das simulações, o que se alinha à tendência crescente de adoção de sistemas automatizados em diversas áreas industriais, como salientam Gonçalves e Urbano (2023). Consoante aos estudiosos, há um consenso entre especialistas de que sistemas automatizados, como o CADe

SIMU 4.0, proporcionam maior excelência qualitativa, pois são projetados para operar sem falhas e sob rigorosos padrões de controle. Essa precisão resulta em um aproveitamento otimizado de recursos energéticos e matérias-primas, além de garantir maior segurança e viabilidade em operações que são muitas vezes complexas ou até insalubres, impossíveis de serem realizadas manualmente.

A tecnologia em foco possui, alinhada às perspectivas de Moreira, Silva, Fonseca (2024), uma vasto acervo de componentes utilizados corriqueiramente em qualquer ramo do mercado, tais como contadores, fusíveis, disjuntores, entre outros, que a tornam uma ferramenta completa para simulações realistas e aplicadas. No entanto, esse recurso requer certo domínio de conhecimento na área de comandos elétricos e de informática básica por parte do usuário, embora a simplicidade de seu uso se mantenha como um dos pontos fortes (Moreira, Silva, Fonseca, 2023). De acordo com Sambane (2022, p. 16),

essa ferramenta é utilizada para criar diagramas de comandos eléctricos e diagramas de potência. Além disso, após a criação do diagrama o CADe Simu faz a simulação do circuito, para que a lógica do diagrama seja verificada e o seu funcionamento seja testado. Neste software é possível adicionar uma grande variedade de símbolos electrotécnicos no seu diagrama! E a organização desses símbolos é feita em bibliotecas separadas por categorias, o que facilita a criação dos diagramas, além de ser mais prático.

Seu objetivo é facilitar a análise e a verificação do funcionamento de sistemas eletroeletrônicos antes de sua montagem prática, oferecendo, assim, um ambiente seguro e eficiente para testes e validações (Albuquerque, 2024). Desta forma, o CADe SIMU 4.0 não apenas se aprimora como uma ferramenta técnica de simulação, mas também responde à crescente necessidade de sistemas mais precisos, eficientes e seguros.

3 Delineamento metodológico

A partir dos pressupostos abordados acerca de aspectos metodológicos, procuraremos detalhar nossos procedimentos, de modo a atingir os objetivos ora estabelecidos para o presente estudo, realizado na fábrica Guaratiba Indústria e Comércio de Plásticos Ltda, na cidade do Rio de Janeiro, cujas operações

começaram na região da Ilha de Guaratiba, com apenas uma máquina injetora, modelo Haitian Marte II de 470 toneladas. Houve rápido crescimento, alcançando a capacidade máxima do galpão inicial, que era de sete unidades de fabricação, e, em meados de 2019, tornou-se um parque industrial dotado de quinze máquinas injetoras (Figura 1).

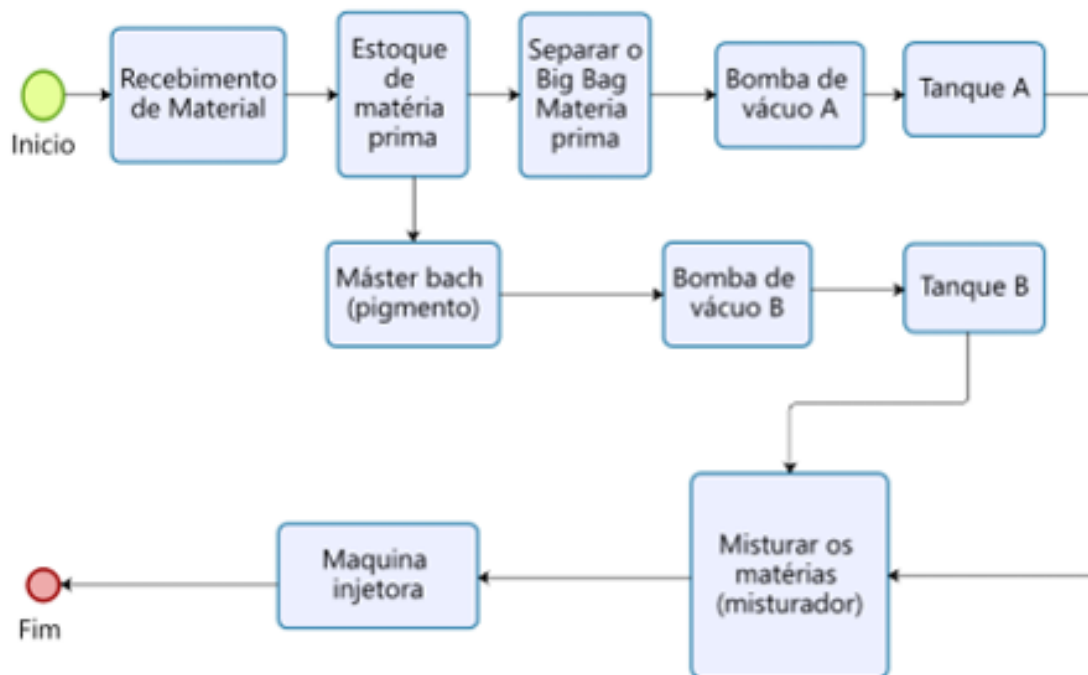
Figura 1 - Local da pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores.

Destacamos a capacidade das máquinas injetoras, entre 300 a 650 toneladas de força de fechamento, e uma área construída de quase 3.000 metros quadrados. Todas as máquinas possuíam robôs para manuseio e retirada das peças de forma segura para os produtos, pessoas e moldes. Na retaguarda das máquinas injetoras, também existia todo o suporte para o perfeito funcionamento das mesmas, tais como compressores/secadores de ar, geladeiras industriais, torres de resfriamento, esteiras para o transporte de peças em cada máquina, alimentadores, secadores, desumidificadores de matérias-primas, aquecedores de moldes, controladores de temperatura de câmara quente, entre outros. Na área de moldagem, uma ponte rolante com capacidade para até 7 toneladas era usada, principalmente, na troca de moldes. O processo de mistura ficava localizado no meio do processo de fabricação do produto termoplástico. Antes desse procedimento tínhamos algumas etapas de logística até que o polímero, representado pela resina e o pigmento, chegasse ao setor de mistura de materiais, para serem realizadas as devidas misturas (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma do processo de mistura do material



Fonte: Elaborada pelos autores.

O material era separado no estoque para utilização de acordo com a especificação de cada produto a ser fabricado, cujos materiais eram específicos e cada linha tinha uma fórmula específica de cor (máster) e proporções de matéria-prima. Assim, o material, a partir do *big bag*, era retirado do estoque e colocado nas baias dos alimentadores para serem aspirados para os funis e serem pesados nas proporções previamente definidas para o processo. Após serem separados nos tanques A e B, eram despejados no misturador de matéria-prima para realizarem o processo de mistura. Quando o material era misturado nas proporções ideais, ficava garantido que o processo seria estável na cor e na viscosidade para o processamento do material na máquina injetora, com melhor eficiência e capacidade. Elucidado o processo e descrito nosso cenário investigativo, passamos à proposta.

Como instrumentos de coleta de dados, apropriamo-nos de técnicas de observação, entrevistas, questionários (Marconi; Lakatos, 2022) e registros fotográficos (Tittoni *et al.*, 2010), pois, na ótica de Lozada (2019), para analisar os dados provenientes da coleta de dados, o pesquisador tem de escolher o método que melhor se adequa ao seu propósito de pesquisa. A partir disso, segundo a

Thiollent (2022), a execução da pesquisa pode ser feita em forma de roteiro como ponto de partida e de chegada, de modo flexível, possibilitando o vai e vem entre as ações para a resolução dos problemas e imprevistos. Nessa ótica, “a fase exploratória consiste em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas e estabelecer um primeiro levantamento (ou diagnóstico) da situação, dos problemas prioritários e de eventuais ações” (Thiollent, 2022, p. 55). Trata-se, ainda, de um momento em que “muitos problemas práticos que são relacionados com a constituição da equipe de pesquisadores e com a cobertura institucional e financeira que será dada à pesquisa” (Thiollent, 2022, p. 55).

Diante dessa perspectiva, “para corresponder ao conjunto dos seus objetivos, a pesquisa-ação deve se concretizar em alguma forma de ação planejada, objeto de análise, deliberação e avaliação” (Thiollent, 2022, p.79), a qual caminha em direção a ações em que ao menos um dos investigadores atua no ambiente a ser explorado, ou seja, um colaborador da organização em análise. Face ao exposto, elaboramos nossa empreitada pautada nas fases elencadas a seguir (Quadro 2).

Quadro 2: Fases da pesquisa.

FASE	AÇÃO(ÕES)
Exploratória	Ir a campo, realizar levantamento inicial, concretizar registros fotográficos iniciais, entrevistar envolvidos, analisar documentos e dados de produção para adquirir <i>insights</i> sobre a situação atual e observar possíveis entraves.
Execução	Elaborar o programa.
Constatação	Verificar possíveis resultados, mediante simulação.

Elaborado pelos autores.

Assim, tendo clarificado nosso percurso metodológico por meio das etapas elaboradas para a presente pesquisa, seguiremos para a execução das ações propostas, logo após a apresentação do fluxograma de produção, unindo teoria e prática para o desenvolvimento do processo de automação do misturador de matéria-prima.

4 Modelando as ações

4.1 Fase exploratória

Nesta fase do projeto fizemos uma visita técnica ao campo, também conhecido como chão de fábrica, no dia 5 de abril de 2024, com todos os integrantes do grupo, momento em que observamos atentamente os processos em busca de opções que nos proporcionassem aplicar melhorias, lançando mão da automação como ferramenta. Logo encontramos a possibilidade, quando avistamos o trabalho manual de abastecimento do funil, pois, apesar de a tecnologia estar instalada ao nosso redor, aquele processo ainda era totalmente executado de forma manual pelas pessoas colaboradoras. A escolha de entramos naquela empresa, para aplicarmos novos métodos e tecnologias (Simões, 2021), se deu pela facilidade de visitação, pois um dos integrantes do grupo atuava como coordenador de produção na referida fábrica, o que nos oportunizou credibilidade e proporcionou um passe livre para adentrar suas imediações, respeitando todos os seus procedimentos de segurança.

Iniciamos a produção e coleta de dados por meio de uma entrevista, abordando assuntos gerais sobre a empresa e seus desafios operacionais com um colaborador da organização, além de realizar observações sobre um processo em específico, referente ao misturador de matérias-primas. Ele nos informou que fazia parte da organização desde o seu lançamento no mercado em 2015 e que coordenava o setor há 16 anos, contribuindo com seu conhecimento sobre a atividade (Colaborador, 2024). Relatou, ainda, “que o processo de mistura da resina e da pigmentação requer muita atenção e esforço físico, tendo em vista que é feita manualmente e repetitivamente durante sua jornada de trabalho” (Colaborador, 2024).

No decorrer da conversa sobre a modalidade de como era feito o processo de mistura do material, o funcionário reiterou que os problemas gerados pelo abastecimento manual, como desperdício de material por contaminar ao cair no chão, falta de precisão nas medidas ocasionando o problema de fora de cor (desvio de cor), defeitos de não conformidade na mistura do material feito pelo setor de matéria-prima, mais especificamente na utilização do misturador, ocasionavam prejuízos durante o processo (Colaborador, 2024).

Como consequência, não perdemos tempo e repetimos o processo algumas vezes para melhor entender e poder refletir sobre o que acabávamos de ver. Registramos

com fotos e, logo após este momento, iniciamos um *brainstorm*, permitindo, assim, que nossas ideias fluíssem, sem restrições.

Cogitamos a possibilidade de fazer a alimentação por bomba de vácuo ou por sistema pneumático Venturi, pesagem automática por meio de balança ou por controle de nível, instalação de dosadores gravimétricos ou volumétricos, sistema de ejeção de material por gravidade ou por força centrífuga (Diário dos pesquisadores, 2024, p. 1).

Após algum tempo de discussão, eliminamos algumas opções que consideramos de menor relevância e chegamos ao denominador comum. Desta forma, nossos pensamentos e esforços foram direcionados para melhorar o trabalho de abastecimento manual do alimentador, visto que o mesmo era realizado mediante enchimento de baldes, a partir da *big bag*, a fim de serem despejados no misturador (Figura 3).

Figura 3 – Abastecimento do misturador de forma manual



Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, vislumbramos inicialmente, que seria possível por meio da automação (Simões, 2021), agregar valor buscando eliminar o retrabalho, talvez aumentando a velocidade com que o processo de mistura era feito e diminuir o esforço humano repetitivo. Nesse sentido, utilizamos um sistema supervisor para levantamento de dados, o *Manufacturing Execution System* (MES) da EGA Soluções Industriais, um *software* que controla, monitora e registra as informações de produção em tempo

real, em que todas as informações são geradas pelas máquinas injetoras e armazenadas no sistema para controle e análise de dados e tratativas de problemas, além da emissão de relatório referente às paradas (Figura 4).

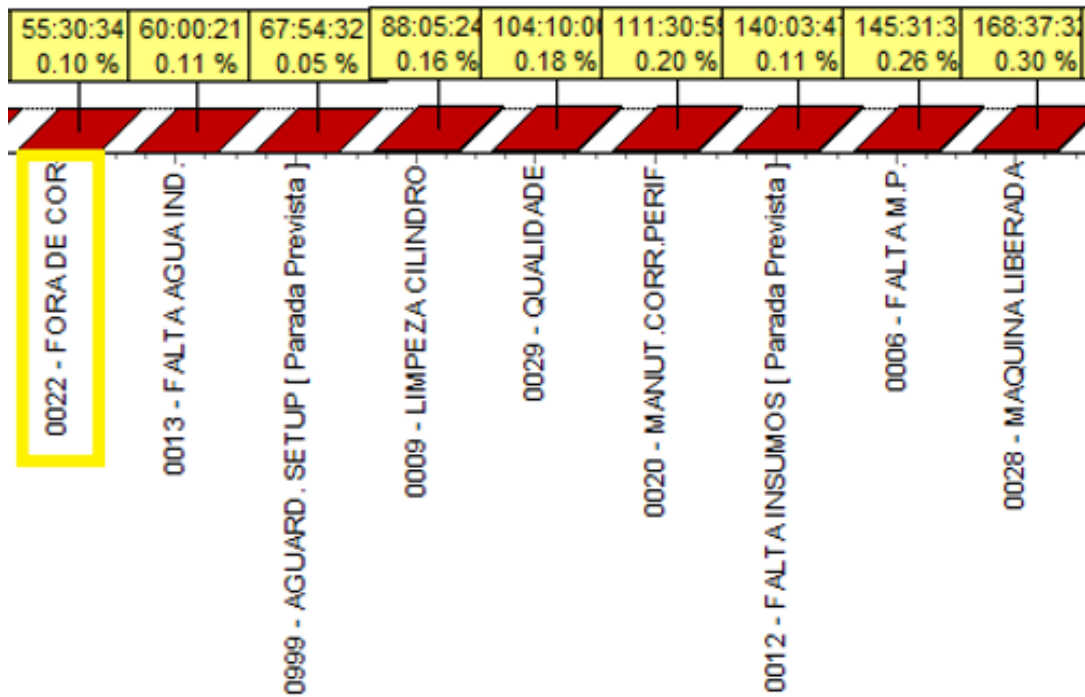
Figura 4 – Relatório de paradas

Código	Descrição	Auto-fechamento	Parada Prevista
1	PARADA PROGRAMAD	Não	Não
2	MANUT. CORR. MAQ	Não	Não
3	MANUT. COR MOLDE	Não	Não
4	MANUT. PREV. MAQ	Não	Sim
5	PREV. MOLDE MMM	Não	Sim
6	FALTA M.P.	Não	Não
7	REGULAGEM MAQ.	Não	Não
8	FALTA OPERADOR	Não	Não
9	LIMPEZA CILINDRO	Não	Não
10	SETUP	Não	Sim
11	BAIXA TENSÃO	Não	Sim
12	FALTA INSUMOS	Não	Não
13	FALTA AGUA IND.	Não	Não
14	FALTA AR COMPR.	Não	Não
15	REUNIÃO/TREINAM.	Não	Sim
16	CHECK PROT MOLDE	Não	Sim
17	FALTA AGUA GELAD	Não	Não
18	TROCA DE COR	Não	Sim
19	TESTE DE COR	Não	Sim
20	MANUT.CORR.PERIF	Não	Não
21	FALTA ESP FISICO	Não	Não
22	FORA DE COR	Não	Não
23	CHECK SEGURANÇA	Não	Sim
24	LIMPEZA HOT RUNN	Não	Não
25	INVENTÁRIO	Não	Sim
26	MANUTENÇÃO ROBÔ	X	Não
27	REGULAGEM ROBÔ	X	Não
28	MAQUINA LIBERADA	Não	Não
29	QUALIDADE	Não	Sim

Fonte: Elaborada pelos autores a partir do PCP master EGA.

Iniciamos a fase de coleta de dados e dividimos em duas etapas, sendo a primeira pautada na variável tempo de parada do equipamento e a segunda com lentes para o quantitativo de peças produzidas, com recorte temporal estabelecido para o decorrer do ano de 2024. Tomamos como exemplo o motivo de parada 22, que se refere ao código que indica fora de cor, inserido na interface homem-máquina (IHM) do dispositivo toda vez que precisamos parar a máquina por motivo de a cor do produto se apresentar fora do padrão, destacado na Figura 5, problema de não conformidade na mistura do material feito pelo setor de matéria-prima, o qual se refere ao misturador.

Figura 5 – Fragmento do gráfico de tempo de parada de máquina em fora de cor



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do PCP master EGA.

Precisávamos entender que o tempo era uma variável relativa ao número de máquinas trabalhando por período e, devido à flutuação nas operações por período, temos diferença em horas trabalhadas, ajuizando a variável porcentagem sobre as horas trabalhadas para analisar em conjunto. Partimos, em seguida para analisar a segunda variável, número de peças produzidas em ambos os períodos, cujos códigos de refugos eram diferentes dos designados para as paradas, sendo o número 7 indicado para a cor fora do padrão (Figura 6).

Figura 6 – Relatório de rejeições

Relatório de rejeições cadastradas

Atualiza Outros Close

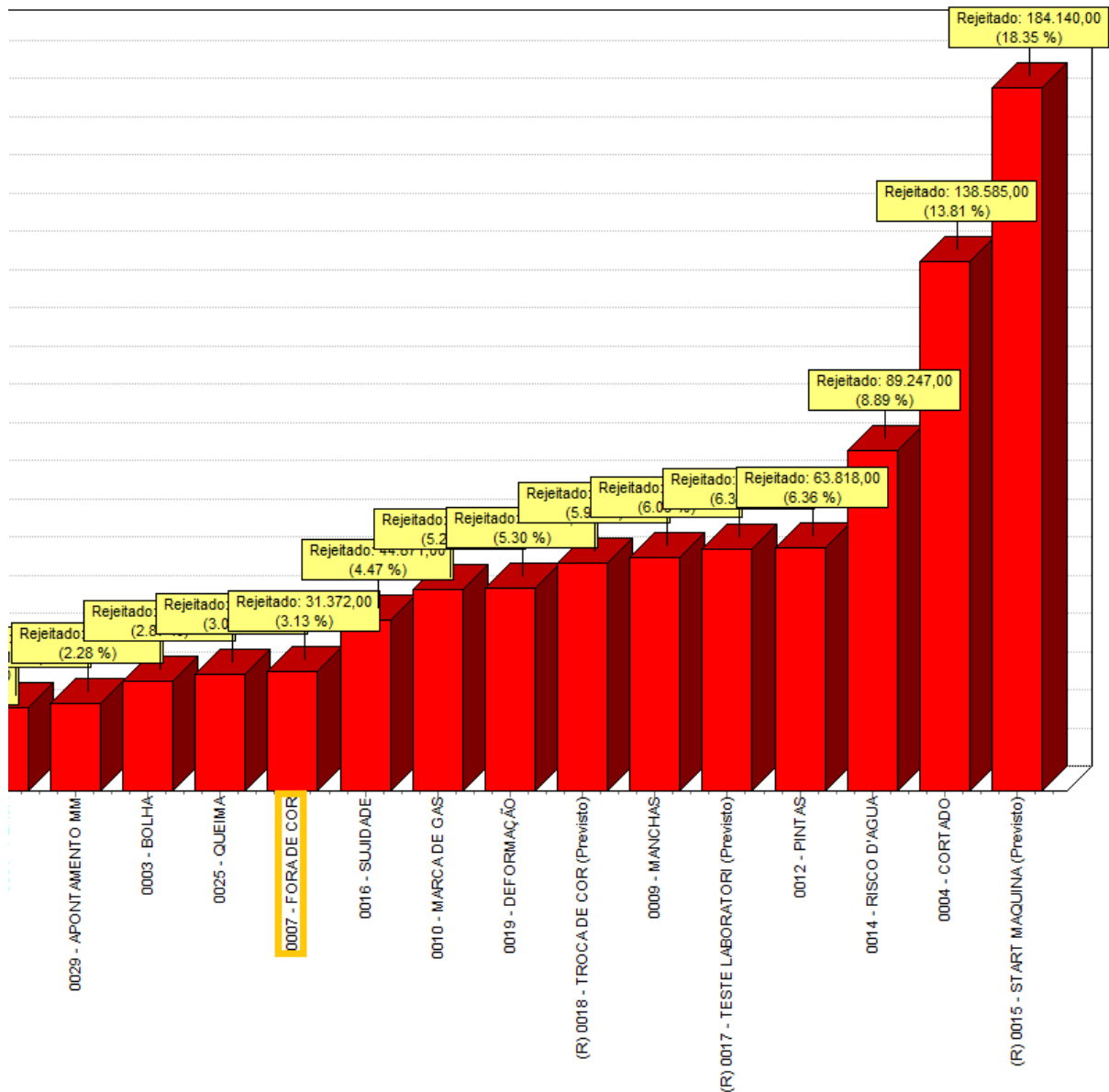
Código	Descrição
1	ARRANHADO
2	BELISCAO
3	BOLHA
4	CORTADO
5	ESCORRIDO
6	FLASH
7	FORA DE COR
8	FURO NO JITO
9	MANCHAS
10	MARCA DE GAS
11	MA DISPERSAO
12	PINTAS
13	RECHUPE
14	RISCO D'AGUA
15	START MAQUINA
16	SUJIDADE
17	TESTE LABORATORI
18	TROCA DE COR
19	DEFORMAÇÃO
20	DESCASCADO
21	MANCHA FRIA
22	DELAMINAÇÃO
23	MARCA DE PRESSÃO
24	MARCA EXTRAÇÃO
25	QUEIMA
26	BRILHO PISTOLA
27	MARCA FLUXO
28	RECONTROLE
29	APONTAMENTO MM
30	TESTE DE COR
31	MANUSEIO
32	BRILHO INJEÇÃO
9999	AUTOMATIC REJECT

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do PCP master EGA.

Utilizamos o código 7 para registrar todos as peças rejeitadas por desvio de cor, problema de não conformidade na mistura do material feito pelo setor de matéria-prima, mais especificamente na utilização do misturador, gerando desperdício durante o processo, no qual havia vários motivos diferentes de rejeição de peças (Gráfico 1), devido ao rigoroso controle de qualidade com os produtos fabricados.

Gráfico 1 – Percentual de rejeições

Gráfico de rejeição
Total rejeitado=1.003.389,00



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do PCP master EGA.

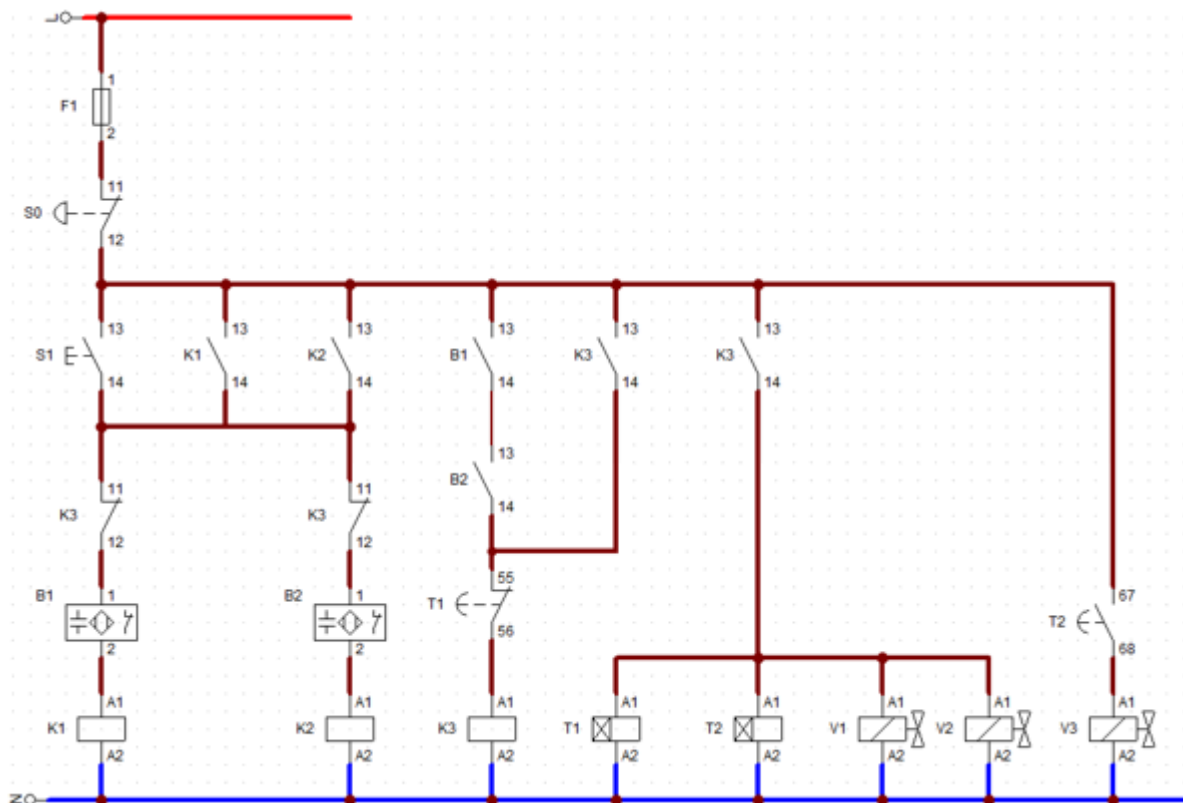
Os produtos fora de cor apresentavam dificuldade de serem reaproveitados no processo diretamente, sendo necessário um tratamento especial para retorno à manufatura. Após esses itens serem separados, voltavam para o setor de mistura para serem moídos e era realizado um diagnóstico pelo preparador de mistura responsável para saber se seria necessário adicionar pigmento ou resina virgem para diluição do mesmo. Essas ações, além de demoradas, exigiam muita técnica para serem concretizadas, o que, dessa forma, geravam um custo adicional no

processo, corroborando nossa percepção de que existiam entraves relacionados à utilização do misturador de matéria-prima de forma manual.

4.2 Fase de execução

Para estudos preliminares e facilitar a compreensão e a montagem, semelhante à lógica de Ladder, porém como princípio de automação, elaboramos o diagrama elétrico de comando (Figura 7), que permitiu eliminar possíveis defeitos e agir como opção de formato de automação puramente elétrico, ficando, assim, a critério do cliente optar pela sua utilização.

Figura 7 – Diagrama Elétrico de Comando

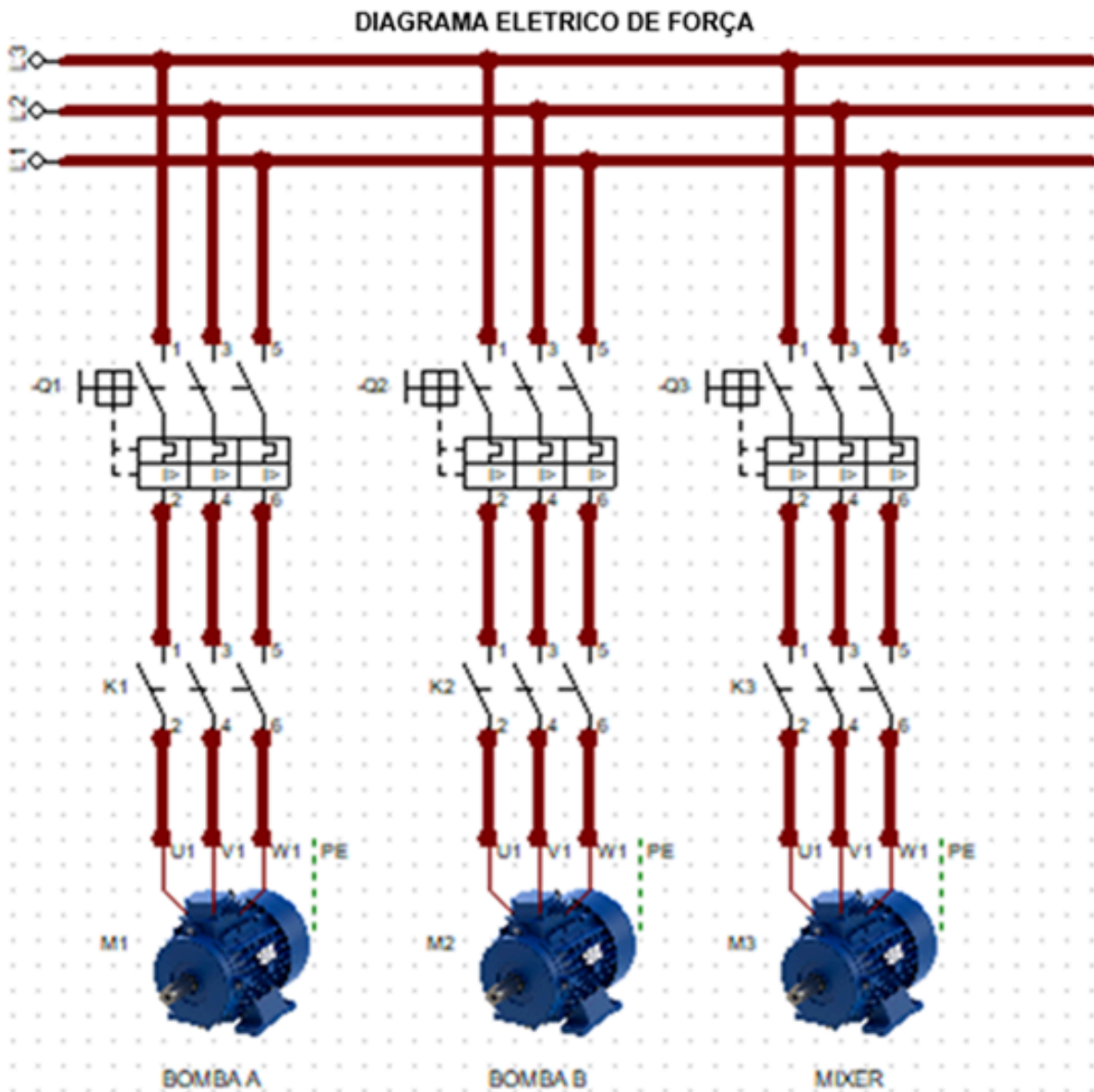


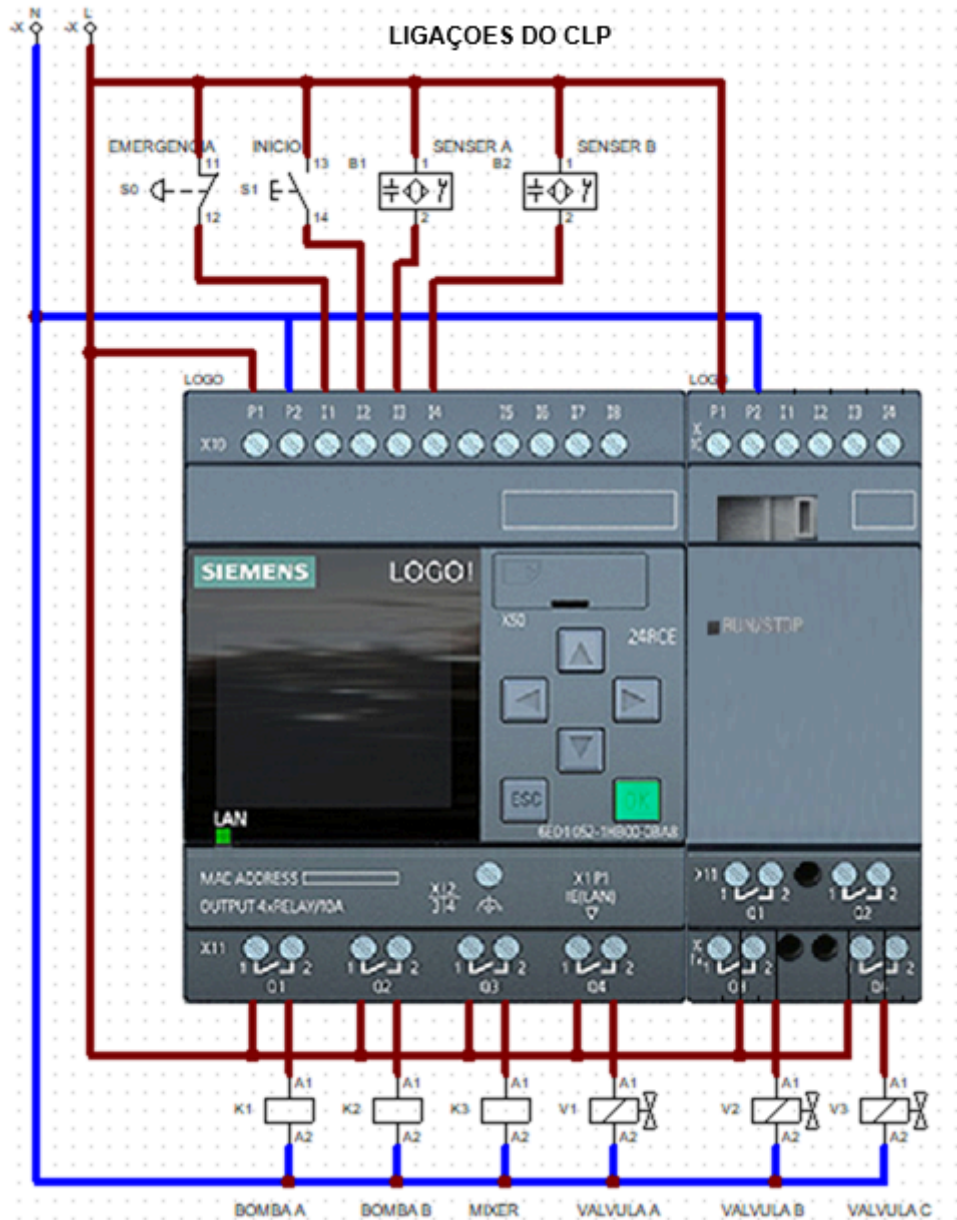
Fonte: Elaborada pelos autores.

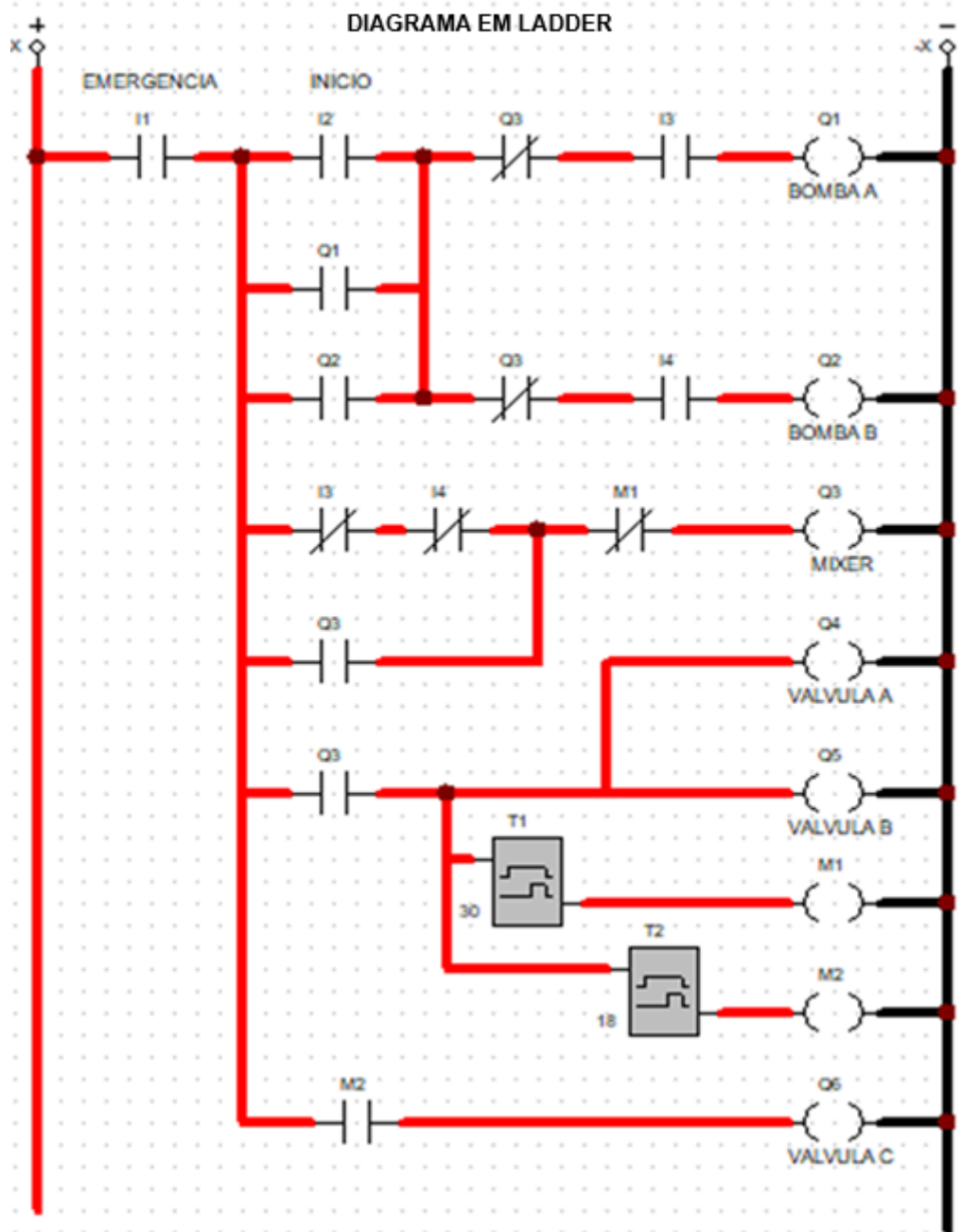
Com a utilização do *software* CADE SIMU 4.0 (Sambane, 2022), desenvolvemos o diagrama elétrico de força, as ligações do CLP e o diagrama em Ladder (Figura 8), de modo a poder rodar de forma experimental o programa para automação do sistema (Simões, 2021). Além de nos possibilitar a demonstração da lógica propriamente dita, o programa simula a instalação dos componentes, o que facilita a

compra dos materiais e, conseqüentemente, passar um orçamento mais assertivo com melhor base de cálculos.

Figura 8 – Diagramas e Ligações



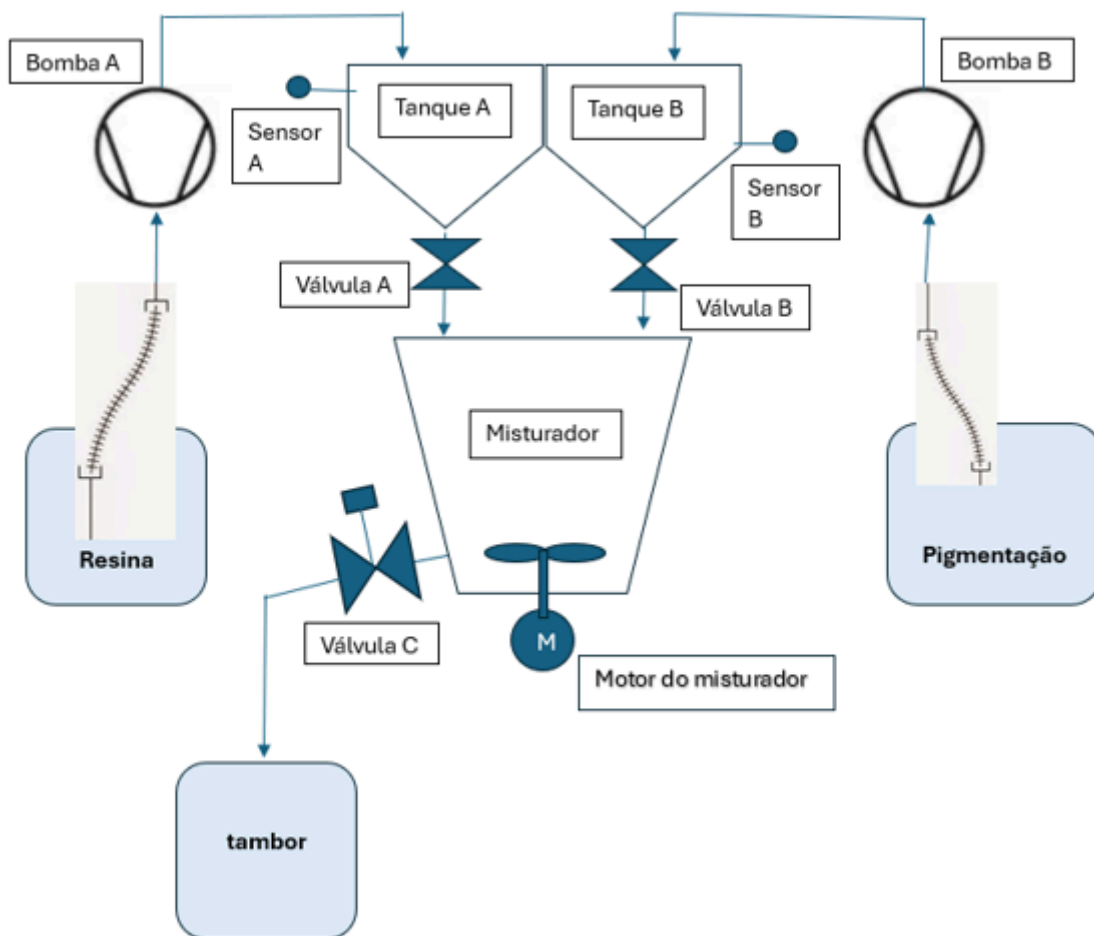




Fonte: Elaborada pelos autores.

No diagrama representamos as duas bombas de vácuo, com acionamento por motores elétricos trifásicos, que seriam utilizadas para o abastecimento do misturador pelos motores devido a limitação no software. A válvula de dreno do tanque misturador seria do tipo solenoide, modelo *on/off* (100% ou 0%), que permite a drenagem do produto já misturado para o tambor e possui sua alimentação por corrente elétrica, cuja voltagem de 380v já existia no local da instalação, conforme o sistema apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Sistema de abastecimento misturador



Fonte: Elaborada pelos autores.

Então, elaboramos um sistema de controle discreto que poderia atender nossas expectativas. O processo inicia quando o operador, manualmente, liga um primeiro botão de partida, acionando as duas bombas de vácuo A e B simultaneamente, para a movimentação de matéria-prima resina até o tanque A e pigmento até o tanque B. Os tanques foram equipados com sensores capacitivos que enxergarão o nível de cada um deles e, quando atingirem, respectivamente, 52 litros ($0,052\text{m}^3$) e 5,2 litros ($0,0052\text{m}^3$), o sensor deverá desligar a bomba de vácuo e abrir sua respectiva válvula de dreno, sendo a válvula A para o tanque A e válvula B para o tanque B.

Ao término da segunda dosagem, é ligado o motor M (*mixer*) durante 5 minutos, com o objetivo de homogeneizar aos elementos (Nunes; Santos, 2015). A válvula C é posicionada na lateral do misturador; assim, o produto já misturado é drenado para tambor pela força centrífuga gerada pelo misturador e, por esse motivo, a válvula C é aberta 30 segundos antes de o motor do misturador parar.

As matérias-primas, resina e pigmento são estocadas em *big bags*, sendo estimadas dez dosagens de resina para a cada *big bag* e cinquenta dosagens de pigmentação aproximadamente. Essas *big bags* são manuseadas por empilhadeira e colocadas em local adequado onde as sucções das bombas serão instaladas pelo operador, por tudo flexível (Figura 10) para acompanhar o nível de retirada, sem sofrer os efeitos de cavitação.

Figura 10 – Tubo flexível



Fonte: Disponível em <https://hercules.com.br/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

Assim poderíamos ter um sistema automático iniciando nas bombas de vácuo, com sucção fácil de manobrar, mediante poucas intervenções, até a drenagem do *mixer*, que também necessitariam de raras interferências, uma vez que o sistema seria operado por qualquer colaborador e as matérias-primas pós processo de mistura dariam origem a novos produtos na linha de produção.

4.3 Fase de constatação

Por motivo de a fábrica estar passando por um momento de término de contrato com seu principal cliente, consumidor de cerca de 90% de sua produção, naquele momento, os responsáveis pela empresa estavam tendo que reduzir custos de suas instalações, o que limitava investimentos até que viessem a captar outro grande contratante. Tendo isso em vista, nossa equipe propôs a simulação do

projeto de forma virtual mediante utilização do *software* CAdE SIMU 4.0 (Sambane, 2022), recurso usado principalmente por estudantes e profissionais da área de automação, eletrotécnica e comandos elétricos, que permite desenhar, simular circuitos elétricos de forma segura e prática, comportando-se como um verdadeiro laboratório virtual, em que realizamos a montagem, simulação, troca de peças, mudança de lógica e testes, quantas vezes foram necessárias, sem custo algum de aplicações de componentes de circuitos elétricos.

No intuito de visualizar de maneira experimental a lógica de automação que foi criada como um recurso para alcançar nossos objetivos, elaboramos um vídeo² de forma mais didática, de modo que pudéssemos acompanhar o funcionamento de como os componentes deveriam agir, quais seus papéis individuais e como juntos poderiam trazer conforto, aumento de rendimento e padronização, uma vez que vislumbrávamos efetuar a dosagem de resina e pigmento de forma simultânea, agilizando o processo e mudando a dinâmica do abastecimento do misturador. Pudemos observar, ainda, que poderíamos alcançar um nível de esforço humano irrelevante para essa etapa abastecimento, a qual compreendia a contabilização e a drenagem da mistura que é produzida no *mixer* de termoplásticos.

Em relação à não conformidade fora de cor, embora o processo sugerido por meio da automação fosse menos suscetível a erros, havia certa dificuldade em precisar sua diminuição, devido à precisão na medição de nível das matérias-primas que poderia variar de acordo com o acomodação da resina e do pigmento dentro dos tanques A e B, uma vez que esse assentamento poderia não apresentar uma superfície regular, não estando totalmente perpendicular às paredes do tanques, efeito que podemos observar em líquidos (Neto; Plácido, 2023). Essa condição tenderia a proporcionar uma pequena variação em sua altura e, conseqüentemente, o retardo ou a antecipação da detecção do volume de polímero transferido pelas bombas, levando em consideração que, uma vez detectados os níveis nos dois tanques pelos sensores capacitivos, suas respectivas bombas de enchimento seriam desligadas e seguiríamos para a próxima fase que era de agitação e depois a drenagem. Assim, para a possibilidade de variação dos níveis dos tanques pela sua superfície, deveríamos averiguar qual seria sua margem de erro e se está

² Disponível em: <https://youtu.be/ULgZlZrRoTI> . Acesso em: 9 jun. 2025.

dentro do limite de tolerância da mistura e do produto acabado (onde é feita esta medição), comparar os números após a automação com os anteriores para refletir acerca de possíveis conclusões.

Dentro dessa perspectiva, podemos, então, sublinhar que, possivelmente, ao implementar uma nova forma de realizar o processo de misturas para a produção de termoplásticos, onde, hoje, o trabalho é totalmente efetuado manualmente, colocando os colaboradores em exposição a doenças por esforço repetitivo ou suscetíveis ao erro, que geram retrabalho e perda de material, agregaríamos, primeiramente, para o bem-estar da equipe. Em relação à produtividade, há indícios de que a utilização da tecnologia em voga venha a proporcionar um aumento de rendimento para a empresa que recebe essa inovação em seus métodos, uma vez que deixaria de haver um responsável pela pesagem e enchimento do *mixer* com as matérias-primas (resinas e pigmentação), passando para um sistema automatizado, dinâmica que tende a reduzir o tempo dessas atividades.

5 Vias conclusivas

Durante nossa jornada, pesquisando as formas e aplicações da automação para misturadores em indústrias termoplásticas, pudemos melhor entender como todo esse processo funciona e geramos expectativa para os resultados que poderíamos alcançar com a aplicação de automação neste tipo de indústria, fazer projeções de possíveis ganhos, alcançar nossos objetivos iniciais e responder ao questionamento que norteou esta investigação.

No início do estudo fomos motivados por desenvolver uma forma que trouxesse inovação por meio da automação para **(i) diminuir as não conformidades do processo por meio da automação**. Com a observação do programa em funcionamento, notamos uma tendência à diminuição da não conformidade fora de cor, mas seria necessário obter e observar os resultados de uma possível implementação, para efetuarmos a comparação dos números. Nessa condição, teríamos uma melhor base técnica para saber se o desvio provocado pela superfície não plana formada pelo produto granulado (resina) dentro do tanque A e B traria variação significativa na dosagem a ponto de prejudicar a eficácia do processo, bem como se esse desvio poderia ser compensado. Ressaltamos, ainda, a possibilidade

de essa defasagem estar dentro das margens de erro permitidas no padrão estabelecido para o produto.

Pudemos vislumbrar a perspectiva de **(ii) aumentar a velocidade que as misturas são feitas**, pois estaríamos dosando simultaneamente as duas matérias-primas de forma contínua e, a seguir, drenando para tambor automaticamente, o que excluiria o tempo de ida e vinda do operador para pegar o produto no *big bag*, colocar no baldo em cima da balança, despejar dentro do misturador e, depois desse processo executado, repetir para a pigmentação, além de ligar a máquina e, no tempo correto de mistura, abrir o dreno.

Acreditamos que existiria um grande ganho no sentido de **(iii) reduzir o esforço repetitivo humano**, pois praticamente não existiria, uma vez que todas as dosagens, medições e drenagens aconteceriam de forma automática; assim, a participação do operador seria limitada a apenas posicionar o mangote no *big bag*, apertar o botão de liga e, após este movimento, aguardar a máquina devolver o produto já misturado. Esse cenário nos revela indícios de possíveis contribuições com a implantação da automação no processo realizado no misturador de matérias-primas.

Nesse sentido, enxergamos, após o percurso desta averiguação, que novas entradas se abrem, como distintas formas de medição, tipos de transporte diversificado para as matérias-primas e acionamento da máquina via supervisorio, as quais se mostram como alternativas promissoras. Dentro dessa perspectiva, como desdobramentos do presente estudo, sugerimos a implementação física da automação proposta para verificação em relação aos números de não conformidade fora de cor e, em caso de não haver ganho expressivo, indicar ações no método de dosagem para melhorar essa performance.

Referências

ALBUQUERQUE, Henrique Moreira de. **Controle de um triciclo assistido estático para reabilitação**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78980>. Acesso em: 28 mai. 2025.

ALMEIDA, Gustavo Spina Gaudêncio de; SOUZA, Wander Burielo de. **Engenharia dos polímeros: tipos de aditivos, propriedades e aplicações**. Rio de Janeiro: Érica, 2015.

BOMFIM, Anne Shayene Campos de. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos provenientes de resíduos plástico e orgânico: propriedades, fim de vida e impacto ambiental**. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais) – Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, Universidade de São Paulo, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/31e27b8b-4799-4c19-8067-de9624854f78>. Acesso em: 28 mai. 2025.

CASTRO, Naara Franklina; SILVA, Rodrigo Medeiros; TAVARES, Drielly de Jesus; RIBEIRO, Renata Vaz; PEREIRA, Karito Augusto. Validação de qualidade de mistura em fábrica de ração através do Microtracer F-Red. **Semana do Curso de Zootecnia - SEZUS**, v. 10, n. 1, 2016. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/sezus/article/view/8440/0>. Acesso em: 20 nov. 2024.

DÁRIO, Cristina Peruchi. **Obtenção de material compósito a partir de resíduos plásticos e areia de fundição**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2024. Disponível em: <http://200.18.15.28/handle/1/10823>. Acesso em: 14 out. 2025.

GONÇALVES, Andrea Luciano; URBANO, Henrique Nunes. **Braço robótico pneumático selecionador**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial) – Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/14533> . Acesso em: 08 mai. 2025.

GONZAGA, Hygo Gomes; MORAIS, Crislene Rodrigues da Silva; CUNHA, Carlos Thiago Candido. Incorporação de resíduos de borracha SBR-r em sistemas de PVC/carbonato. **Revista Matéria**, v. 27, n. 4, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0124>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rmat/a/W9tq5VmRD7NmHP6PSQV7tBD/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MOREIRA, Alexandre Moises Silva; SILVA, Isabela Nogueira da; FONSECA, Juraci Emidio, 2024. **Comandos elétricos e aplicação do CADe SIMU**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Eletrotécnica) - ETEC Professor Armando José Farinazzo, Fernandópolis, 2024. Disponível em:
<https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/30346>. Acesso em: 22 mai. 2025.

NASCIMENTO, Ingrid Teixeira do; SILVA, Maria Eduarda Alves da; SANTOS, Bruno Campos dos. Filamento pet reciclado para impressão 3d: uma análise sustentável. **South American Development Society Journal**, v. 11, n. 31, p. 196, 2025. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v11i31p196-213. Disponível em:
<https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/775>. Acesso em: 10 out. 2025.

NETO, Gustavo Pedro de Freitas; PLÁCIDO Fernando Guessi. Desenvolvimento de um equipamento para monitoramento de nível em silos. **Revista Vincci - Periódico Científico do UniSATC**, v. 9, n. 1, p. 221–250, 2024. Disponível em:
<https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/297>. Acesso em: 17 jun. 2025.

NUNES, Edilene de Cássia; SANTOS, Leandro José dos. **Termoplásticos: estruturas, propriedades e aplicações**. Rio de Janeiro: Érica, 2015.

OLIVEIRA, Wilknis Deyvis Silva. **Controle de partida de um motor de indução trifásico a vazio por soft-starter**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/items/b4a20260-8cba-4ba4-a3d4-144d726ed6f4>. Acesso em: 08 mai. 2025.

PEDRO, Antonio Oliveira Domingos; COSTA, Gabriel Tavares da; PINHEIRO, Laisla Regina Menezes; BRITO, Ana Júlia da Conceição; MARQUES, Wagner da Silveira. Integração da tecnologia RFID na automação e controle de processos em um ambiente de fabricação. **X Congresso Internacional de Logística e Operações**,

Suzano, São Paulo, 2024. Disponível em:

https://drive.google.com/drive/folders/1cO2Fwd6cF7zFv3hdp15G-D1vLwtZw_ihgXkK CX5Q3xFFcG4QHwcmFVfVbakBEXMM86qCL9m6. Acesso em: 10 out. 2025.

PEDRONI, André Zouain; COELHO, Bruno Nazário. Estudo de requisitos para datacenters e salas industriais para sistemas de tecnologia e automação. **Refas - Revista Fatec Zona Sul**, v. 10, n. 1, p. 1–24, 2023. DOI:

10.26853/Refas_ISSN-2359-182X_v10n01_01. Disponível em:

<https://www.revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/648>. Acesso em: 10 out. 2025.

PESSÔA, Marcelo; SPÍNOLA, Mauro. **Introdução à automação**: para cursos de engenharia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/item/002474015>. Acesso em: 22 nov. 2024.

PINHEIRO, Gustavo dos Santos; RUIZ, Leidy Vanessa Espinosa; VASCONCELOS, Kamilla Lima; BERNUCCI, Liedi Bariani. Caracterização viscoelástica linear de ligante asfáltico modificado com polietileno reciclado considerando diferentes gaps. **35º ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/361400112_Caracterizacao_Viscoelastica_Linear_de_Ligante_Asfaltico_Modificado_com_Polietileno_Reciclado_Considerando_Diferentes_GAPs. Acesso em: 19 nov. 2024.

SAMBANE, Domingos Salvador. **Sistema de detecção de avarias na instalação eléctrica residencial no bairro Costa do Sol**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Electrónica) - Universidade Eduardo Mondlane, UEM, Moçambique, 2022. Disponível em:

<http://monografias.uem.mz/handle/123456789/2890>. Acesso em: 29 mai. 2025.

SILVA, Emerson Ferreira da. **Reciclagem mecânica-química de resíduos de filmes poliméricos pós-consumo de polietileno de baixa densidade em combinação com o polipropileno e presença de zeólita ZSM-5**. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, 2024. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97134/tde-25062025-135031/en.php>.

Acesso em: 29 mai. 2025.

SILVA, Anthony Bessa da. **Controle de qualidade na indústria de polímeros.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, 2025. Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/36164>. Acesso em: 14 out. 2025.

SILVA, Carlos Fernandes da. **Estudo comparativo das propriedades de uma blenda polimérica a base de PET/PA 6.6 e PET/PA 6I6T, visando sua aplicação no segmento de embalagens alimentícias.** Tese (Doutorado em Ciências) –

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2025. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-06052025-075557/en.php>.

Acesso em: 14 out. 2025.

SILVA, Joyce Alves da. **Obtenção e caracterização do compósito poliácido láctico e microcelulose cristalina (PLA/ MCC) obtido por impressão 3D LCD (Liquid crystal display).** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de

Materiais) – Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais, Universidade Federal do Amazonas, 2025. Disponível em:

<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/11066>. Acesso em: 14 out. 2025.

SIMÕES, Lucas Henrique. **Automação industrial e a indústria 4.0:** a importância da tecnologia da indústria. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Faculdade Anhanguera Taubaté, 2021.

Disponível em:

https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/38077/1/LUCAS_HENRIQUE_SIM%C3%95ES.pdf. Acesso em: 22 nov. 2024.

SOUZA, Fábio Antônio Alves Batista. FERNANDES, Ederson Carvalhar. MANGINI, Lígia Fernanda Kaefer. **Transformando a produção de polímeros:** maximizando eficiência e minimizando desperdícios com a abordagem Lean Manufacturing

(manufatura enxuta). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Internacional, UNINTER, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.uninter.com/handle/1/1568>. Acesso em: 19 nov. 2024.

SOUZA, Stefania Maria de Oliveira. **Gestão da qualidade e produtividade**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

TITTONI, Jaqueline, OLIVEIRA, Renata Ghisleni de, SILVA, Paula Marques da, TANIKADO, Grace. A fotografia na pesquisa acadêmica: sobre visibilidades e possibilidades de conhecer. **Informática na Educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 59-66, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/10467/12031>. Acesso em: 10 out. 2025.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez Editora, 2022.

XAVIER, Andreza Batista; CANDIDO, Kerollany Halley Fonseca; ROBERTO, José Carlos Alves; SOUTO, Sistina Pereira. A automação industrial como solução e não como ameaça aos trabalhadores. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 6, p. 9019–9032, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i6.2278. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2278>. Acesso em: 25 out. 2024.