



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOSÉ ANTÔNIO CABRAL JÚNIOR

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COLORÍFICO

MOSSORÓ

2023

JOSÉ ANTÔNIO CABRAL JÚNIOR

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COLORÍFICO

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Danielle Simone da Silva Casillo,
Prof. Dr.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC117 Cabral, José.
a AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
COLORÍFICO / José Cabral. - 2023.
49 f. : il.

Orientadora: Daniele Casillo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência da
Computação, 2023.

1. automação industrial. 2. produção. 3.
colorau. 4. qualidade. 5. segurança. I. Casillo,
Daniele, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ ANTÔNIO CABRAL JÚNIOR

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COLORÍFICO

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Defendida em: 10 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



DANIELLE SIMONE DA SILVA CASILLO

Data: 15/10/2023 11:52:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniele Simone da Silva Casillo, Prof.^a. Dr.^a. (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



LEONARDO AUGUSTO CASILLO

Data: 16/10/2023 16:05:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Leonardo Augusto Casillo, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



PAULO HENRIQUE LOPES SILVA

Data: 16/10/2023 09:38:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Paulo Henrique Lopes Silva, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e instituições que estiveram presentes e foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Primeiramente, a minha orientadora Danielle Casillo por sua orientação valiosa, apoio constante e pela dedicação em compartilhar seu conhecimento e experiência. Suas contribuições foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, e sou imensamente grato por sua paciência e disponibilidade.

A equipe técnica e de gestores da empresa, onde trabalho há 15 anos e me deu a oportunidade de realizar esse projeto, e que disponibilizaram recursos necessários para realização do projeto.

Não posso deixar de agradecer aos meus amigos e familiares, em especial aos meus pais e minha esposa, que durante o período de curso me presentou com uma filha amada e que está presente na minha luta diária.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para este projeto, meu mais sincero agradecimento. Seu apoio e colaboração foram imprescindíveis para o alcance dos resultados alcançados

RESUMO

O mercado, que segue em crescente desenvolvimento, exige que métodos e técnicas sejam implementadas nos processos de produção visando a agilização da produção, a segurança dos manipuladores e do produto. A automação é o meio mais indicado para atender a essas exigências de mercado. Este trabalho visa a criação e implementação de um sistema de automação voltado ao melhoramento da produção do colorau. Inicialmente, foi realizado um estudo para avaliar a implantação de uma programação, e o uso dos *hardwares* a serem utilizados. A partir dos resultados foram projetados e implementados sistemas automatizados para cada etapa do processo, utilizando-se sensores, atuadores e controladores programáveis para monitorar e controlar parâmetros como nível de silo, pressão, dosagem dos ingredientes e tempos dos processos. A linguagem de programação utilizada foi a *ladder*. Foram realizados testes e ajustes para garantir o funcionamento e a integração entre os diferentes componentes, estabelecendo-se os parâmetros de controle para garantia da qualidade e consistência do colorífico produzido. Os resultados obtidos com a automação demonstraram melhoria significativa em termos de eficiência, redução de desperdícios e aumento de segurança para os colaboradores e para o próprio produto. Este trabalho, que evidencia os benefícios dos sistemas automatizados no processo de produção do colorau, visa cooperar para o avanço da automação industrial na indústria alimentícia. Pretende-se que os resultados e aprendizados obtidos a partir dessa pesquisa possam ser aplicados em outros processos similares, de forma a contribuir para a eficiência e qualidade da produção alimentícia industrial.

Palavras-chave: automação industrial; produção; colorau; qualidade; segurança.

ABSTRACT

The market, which continues to grow, requires that methods and techniques be implemented in production processes to speed up production and ensure the safety of handlers and the product. Automation is the best way to meet these market demands. This work aims to create and implement an automation system aimed at improving paprika production. Initially, a study was carried out to evaluate the implementation of programming and the use of the hardware to be used. Based on the results, automated systems were designed and implemented for each stage of the process, using sensors, actuators and programmable controllers to monitor and control parameters such as silo level, pressure, ingredient dosage and process times. The programming language used was ladder. Tests and adjustments were carried out to guarantee the functioning and integration between the different components, establishing control parameters to guarantee the quality and consistency of the colorant produced. The results obtained with automation demonstrated significant improvements in terms of efficiency, waste reduction and increased safety for employees and the product itself. This work, which highlights the benefits of automated systems in the paprika production process, aims to cooperate in the advancement of industrial automation in the food industry. It is intended that the results and lessons learned from this research can be applied to other similar processes, in order to contribute to the efficiency and quality of industrial food production.

Keywords: industrial automation; production; paprika; quality; security.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sensores de nível.....	18
Figura 2: Sensores indutivos:	19
Figura 3: Célula de carga.....	20
Figura 4: Inversor de frequência.....	20
Figura 5: CLP (Controlador Lógico Programável)	21
Figura 6: IHM (Interface Homem Máquina).....	22
Figura 7: Válvula Pneumática	23
Figura 8: Motor de Corrente Alternada na Automação	24
Figura 9: Fluxograma: representação do processo de mistura realizado no “Misturador 1” – Produto Final X	26
Figura 10: Tela Misturador 1.....	27
Figura 11: Fluxograma: representação de mistura e moagem realizado no “Processo 1 e 2” – Produto Z	29
Figura 12: Tela Processo 1	29
Figura 13: Tela de Processo 2	30
Figura 14: Fluxograma: representação do processo de mistura realizado no “Batedor” – Produto Final Y	32
Figura 15: Tela Batedor.....	32
Figura 16: : Tela Programação Processo 1	34
Figura 17: Tela receita Misturador	35
Figura 18: Tela receita batedor.....	35
Figura 19: : Tela Empacotamento 1	36
Figura 20: Tela Empacotamento 2.....	36
Figura 21: Tela Alarmes	37
Figura 22: Botão login.....	37
Figura 23: Tela Silos	38
Figura 24: Tela Unity Pro.....	38
Figura 25: Programação de falha de rotação M41	40
Figura 26: Moinho utilizado no processo de produção manual.....	41
Figura 27: Exemplo de empacotamento realizado no processo de produção manual	42
Figura 28: Área destinada ao armazenamento dos produtos antes do processo de envasamento final.....	42
Figura 29: Painel de controle 1.....	43
Figura 30: Painel de Controle 2.....	44
Figura 31: Painel de comando	44
Figura 32: Silos para armazenamento final	45
Figura 33: Visão geral do projeto	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controladores Lógicos Programáveis
Hz	Hertz
IEC	International <i>Electrotechnical Commission</i>
IHM	Man-Machine Interface (Interface Homem Máquina)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
RPM	Rotação por Minuto
EPI	Equipamento de Proteção Individual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 ORIGEM, PROPRIEDADES E IMPORTÂNCIA DO URUCUM (COLORAU) PARA A COSMÉTICA E CULINÁRIA: BREVES CONSIDERAÇÕES.....	12
3 INFLUÊNCIA DA AUTOMAÇÃO PARA A MELHORIA DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE INSUMOS ALIMENTÍCIOS.....	14
3.1 O AMBIENTE <i>UNITY PRO</i>	16
3.2 O AMBIENTE <i>VIJEO DESIGNER</i>	17
4 ETAPAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO ..	26
5 A PRODUÇÃO DO COLORAU ANTES E DEPOIS DA AUTOMAÇÃO E OS BENEFÍCIOS PARA OS ENVOLVIDOS NO NOVO PROCESSO DE PRODUÇÃO ..	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Desde muito tempo as indústrias vêm enfrentando desafios para manter a competitividade em um mercado globalizado e em constante evolução. Nesse percurso de busca por maior eficiência, qualidade e produtividade as empresas seguem explorando novos meios e abordagens para aprimorar seus processos de produção, e um desses meios diz respeito a automação, técnica que desempenha um papel fundamental na otimização das operações industriais. Lorio (2023) ensina que “[..] a automação é uma ferramenta essencial para impulsionar o crescimento e o sucesso da empresa, à medida em que gera uma cadeia produtiva mais sustentável e uma sociedade mais justa”.

Na indústria alimentícia a automação é especialmente relevante pois ajuda a garantir a segurança alimentar, aprimorar a produtividade e atender as demandas crescentes do mercado. Aquino (2021) reforça que para além da indústria alimentar, “a aplicação da automação está presente em quase todas as aplicações, desde águas profundas até ao espaço, e ganhou a confiança do mundo para alcançar os resultados desejados”.

Um exemplo de produto que pode ser beneficiado significativamente por meio do uso da automação industrial é o colorífico - mais popularmente conhecido como colorau – é um condimento amplamente utilizado para conferir cor e sabor aos alimentos. Fabri (2015) esclarece que a busca pela melhoria da qualidade de vida tem levado a população a investir em uma alimentação mais saudável, e assim sendo, os indivíduos passaram a optar, entre outras coisas, pelo consumo de corantes naturais, o que fez com que algumas indústrias optassem pela exploração crescente dos citados produtos – a exemplo do colorau.

Sua produção envolve uma série de etapas que vão desde a seleção e moagem dos ingredientes até a embalagem final. Algumas empresas ainda se utilizam das técnicas manuais e processos semiautomáticos, os quais estão suscetíveis a erros humanos, ineficiência e baixa padronização. Um exemplo desse modelo de produção utilizando as técnicas manuais ocorre na propriedade de Élcio Ministério, 45 anos, que lida com a agricultura familiar. O proprietário esclarece que “a colheita e produção ocorrem tal qual faziam os indígenas - o fruto é colocado para secar ao sol e os casulos vão abrindo naturalmente sobre uma lona para facilitar a limpeza sem perder as mudas, sendo depois armazenados e comercializados” (Góis, 2020).

Diante dos inúmeros desafios enfrentados até a sua comercialização, a automação do processo de produção de colorífico emerge como uma solução promissora para a diminuição dos riscos inerentes ao cultivo tradicional. Nesse novo formato é possível integrar tecnologias avançadas, a exemplo de sistemas de controle e monitoramento, de máquinas de alta precisão

e da robótica industrial – meios adequados à otimização das etapas de produção e redução de custos, garantindo a consistência do produto final e a satisfação do cliente em adquirir um produto de alta qualidade.

Vale lembrar que apesar do potencial da automação, ainda existem inúmeros desafios a serem enfrentados no ramo da indústria de alimentos, a exemplo do atendimento às rigorosas normas de segurança alimentar, e o cuidado com a qualidade dos ingredientes utilizados. É fundamental, portanto, investir em uma análise aprofundada sobre as melhores práticas e tecnologias disponíveis voltadas a implementação de métodos eficientes e seguros de automação no processo de produção de colorau (Marins; Tancredi; Gema, 2014, p. 191).

Diante do exposto, este trabalho, que tem como objetivo principal, discorrer sobre os benefícios da automação da produção de colorífico, considerando, para isso, os aspectos técnicos, econômicos e de qualidade envolvidos, traz um breve histórico sobre a origem e importância do colorau enquanto produto de uso alimentar e medicinal, e segue discorrendo sobre a importância da automação, apresentando as etapas de produção, os desafios e as soluções aplicáveis a essa indústria específica. Com base nos resultados serão propostos recomendações e diretrizes para a automação do processo de produção de colorífico, com vistas a viabilizar a eficiência, qualidade e competitividade da indústria alimentícia.

Espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento na área de automação de processos industriais, fornecendo uma visão abrangente dos desafios e oportunidade relacionadas a automação de processos.

2 ORIGEM, PROPRIEDADES E IMPORTÂNCIA DO URUCUM (COLORAU) PARA A COSMÉTICA E CULINÁRIA: BREVES CONSIDERAÇÕES

O urucuzeiro ou urucueiro (*Bixa orellana*) é um arbusto originário das regiões localizadas entre o México e Sul da América tropical. Tradicionalmente utilizado pelas comunidades indígenas brasileiras e peruanas, o urucum ou como é conhecido popularmente – o colorau - é uma rica fonte de matéria prima. Embora não tivessem o conhecimento técnico sobre as propriedades do urucum, os indígenas já o utilizavam no dia a dia para produzirem diversificados tipos de produtos, a exemplo da tinta para as pinturas corporais; como repelente para picada de insetos; como protetor solar; como condimento corante para o preparo de alimentos, e o mais importante, o produto também era usado por eles por suas propriedades medicinais (Dijigow, 2022).

Ao longo dos tempos o uso do urucum foi se popularizando em virtude de suas características e propriedades, é o que explica matéria publicada pelo Horto Didático de Plantas Medicinais do HU/CCS (2022)

Na medicina caseira é utilizada como expectorante.
Na cozinha nordestina o colorau é amplamente utilizado como corante e condimento.
Na literatura etno-farmacológica, as sementes são referidas como estomáquica, tonificante do aparelho gastrointestinal, antidiarreica, antifebril, palpitações do coração, crises de asma, coqueluche e gripe.
Nos países da América do Sul e América Central, são usados como antipirético, afrodisíaco, antidiarreico, antidiabético, e repelente de insetos.

Da árvore é possível colher flores e frutos, esses últimos possuem um formato oviforme do tipo cápsula que são também denominados de cachopas. Os frutos (cachopas) são colhidos quando começam a secar - mudam da cor avermelhada para marrom - indicando a maturação. Após colhidos passam por um processo de secagem e são encaminhados, em seguida, para o beneficiamento. Durante esse processo precisam estar abrigados em lugares com pouca ou nenhuma incidência de luz, umidade e presença de insetos para não perderem a qualidade de sua pigmentação, o que prejudicaria o seu uso como pigmentos. “A composição das sementes de urucum apresenta 30% do peso total, sendo representado pelos carotenoides. Os 70% restantes estão divididos em cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos e umidade”, acrescentam Carvalho et al. (1991).

Ferreira et. al. (2015 *apud* Pires, 2018, p. 14) explicam que no Brasil existem variados espécimes da planta, com denominações bastante peculiares, o que comumente se vê nas regiões onde, por falta do conhecimento técnico, as pessoas “apelidam” as plantas de acordo

com o formato que elas apresentam, a exemplo de: “focinho de rato, cabeça de moleque, peruana, bico de pato, amarela e outras. As características que a diferenciam são o porte, a produtividade, a resistência a alguns tipos de pragas, e o teor de bixina”.

Apesar dessa pluralidade de características Franco et. al (2002 *apud* Pires, 2018, p. 15) esclarecem, no referente a comercialização do produto, que o valor agregado está intrinsecamente relacionado a qualidade das sementes do urucum, que devem estar livres do excesso de umidade, de impurezas, de matérias estranhas, para além disso, apresentar um alto teor de pigmento (bixina), fator esse exigido pela indústria posto que é ele que vai determinar o valor de venda das sementes.

O custo investido para sua produção é relativamente baixo em virtude da facilidade com que se adapta aos diversificados tipos de solos, o que em muito contribui para os pequenos e médios produtores a exemplo daqueles envolvidos com a agricultura familiar. Fabri e Teramoto (2015 *apud* Pires, 2018, p. 15) explicam que o produto final dos grãos, após colheita e moedura, é normalmente encaminhado aos comerciantes nordestinos, desta feita na forma de “colorífico e corantes naturais que serão usados nas produções industriais de massas, doces, sorvetes, óleos e gorduras, bebidas, fármacos, têxtil, tintas, desidratados, cosméticos e perfumaria”.

Nesse cenário é manifesto que o uso do urucum tem representado uma promessa de crescimento de mercado externo e interno, explicam Fabri e Teramoto (2015 *apud* Pires, 2018, p. 16), segundo os quais “a comercialização do produto representa aproximadamente 90% do total do consumo de corantes naturais no país e em torno de 70% de corantes naturais no mundo”.

Hodiernamente o Brasil conta com várias indústrias produtoras de corantes, as quais têm investido pesadamente no melhoramento genético da espécie visando uma maior produtividade a partir do aumento do teor de pigmentos – até o momento “a concentração dos pigmentos, resultantes do teor de bixina, superou a média de 2,5%, podendo ser encontrada com teores acima de 4-5%” (Balan, 2017 *apud* Pires, 2018, p. 18).

Segundo dados do IBGE (2016), no que tange a importação do produto o Brasil consta como maior produtor e exportador mundial - com produção de aproximadamente 12 mil toneladas de sementes por ano, o que se registra nos estados São Paulo, Rondônia e Pará. Esse avanço nos investimentos para melhoramento genético resultou no aprimoramento das análises de todas as suas partes, o que tornou possível detectar os outros benefícios oriundos da planta, a exemplo da utilidade dos “resíduos, cascas e sementes que seriam descartados pelas indústrias de corantes após a extração dos pigmentos, que passaram a ser misturados com as rações para alimentação animal ou ainda como adubo orgânico” (Pires, 2018, p. 18).

3 INFLUÊNCIA DA AUTOMAÇÃO PARA A MELHORIA DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE INSUMOS ALIMENTÍCIOS

Não é fato recente que o setor da indústria vem se modernizando para atender às exigências de mercado, que também se renova a passos largos, e para isso, investindo na melhoria de alguns processos de produção, os quais, apesar da informatização, ainda passam por etapas manuais ou semiautomáticos. Araújo Júnior, Chagas e Fernandes (2003) ensinam que

O processo de automação não atinge apenas a produção em si, substituindo o trabalho braçal por robôs e máquinas computadorizadas, mas também propicia enormes ganhos de produtividade ao integrar tarefas distintas com a elaboração de projetos, o gerenciamento administrativo e a produção.

São inúmeros os desafios enfrentados até o momento para se tentar alcançar o grau de aperfeiçoamento dos processos de produção. Nos primórdios, “nas primeiras práticas agrícolas – que se concentravam no núcleo familiar – as “ferramentas manuais” produzidas com pedra e madeira eram fundamentais para o trabalho na lavoura e para a geração do próprio sustento” (Jacto, 2023).

O processo, que antes era feito de forma precária, cujas “ferramentas” principais eram impulsionadas pelo uso das mãos e da força humana, ao longo dos tempos foi sendo aperfeiçoado, e assim, aquelas “ferramentas agrícolas manuais deram espaço aos utensílios mecanizados – o que aconteceu para atender às novas demandas da sociedade, que seguem crescendo, e, conseqüentemente, para aumentar a produção na agricultura” (Jacto, 2023).

A Revolução Industrial teve uma forte influência no desenvolvimento das tecnologias, principalmente porque esse movimento fez com que a população urbana crescesse, e as pessoas que moravam em ambientes rurais diminuíssem em número. Com menos pessoas para o trabalho agrícola e com uma demanda maior, novas ferramentas precisavam ser desenvolvidas para produzir mais alimentos em menos tempo (Jacto, 2023).

Muitos foram os modelos e marcas de equipamentos elaborados e criados para atender a demanda de mercado da indústria alimentar. No entanto, foi a partir dos anos 2000 que as ferramentas tecnológicas foram adicionadas à produção industrial de alimentos. O século XXI trouxe novas preocupações à sociedade, que passou a cobrar práticas de produção mais sustentáveis com vistas a manter íntegros os recursos naturais. Foi essa tendência a responsável por influenciar “o desenvolvimento de ferramentas mais econômicas e eficientes,

impulsionando, desta feita, o mercado de automação das etapas de produção” (Jacto, 2023).

Araújo Júnior, Chagas e Fernandes (2003) esclarecem que “a automação industrial consiste em manipular vários processos na indústria por meios mecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por diversos equipamentos.

De uma forma mais clara o Dicionário da Real Academia Espanhola¹ define que “automação Industrial (automação; do grego antigo auto: guiado por si mesmo) é a utilização de sistemas ou elementos informatizados e eletromecânicos para controlar máquinas e/ou processos industriais em substituição aos operadores humanos” (Guadaño, 2013, p. 14).

Nessa linha de entendimento, o Coordenador de Vendas da Divisão Sensor Solutions da BAUMER, Marco Dennenmoser, acrescenta que os fatores agregados a essa nova estruturação industrial estão intrinsecamente voltados a atender “à competitividade na indústria de processamento de alimentos e bebidas, a exemplo do nível de automação, projeto básico higiênico, limpeza eficaz e, no fim das contas, segurança alimentar” (Pereira, 2018).

São inúmeros os desafios enfrentados nesse cenário posto que, explica Eli Cesar Ribeiro, Engenheiro de Vendas da EMERSON-ASCOVAL, “os processos alimentícios cada vez mais exigem produção acelerada, qualidade inquestionável, linhas ‘clean’ e alto desempenho com eficácia nas respostas da linha de produção” (Pereira, 2018).

Sabe-se que para alcançar o grau de eficiência, atitudes como agilidade e segurança são atributos essenciais no andamento do processo de produção, e por assim ser é que, no que tange área industrial, “diferentes segmentos têm investido em tecnologias como robótica, sistemas de controle e automação visando aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos”, é o que esclarece Salinas (2023).

Seguindo essa tendência, com vistas a contribuir para a melhoria de mercado, lançou-se mão das novas tecnologias oferecidas, a exemplo do *software Unity Pro* - uma ferramenta voltada para uso no setor industrial, mais comumente utilizada por profissionais com conhecimento em automação e programação, e do *Vijeo Designer* - um *software* de desenvolvimento de interfaces de usuário e aplicativos de supervisão e desenvolvimento criado pela *Schneider Electric* - por meio do qual é possível criar telas táteis, painéis de operação e sistemas de visualização interativos para monitorar e controlar equipamentos e processos em tempo real - visando a criação de um projeto de melhoramento da produção e distribuição do colorau.

¹ “A automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos” (Diccionario de la Real Academia Española *apud* Guadaño, 2013, p. 14).

3.1 O AMBIENTE *UNITY PRO*

O *Unity Pro* é um *software* de execução, depuração e programação comum desenvolvido pela *Schneider Electric* para as famílias de CLPs *Modicon M340*, *Modicon M580*, *Premium*, *Atrium* e *Quantum* (Guadaño, 2013, p. 14).

O *software Unity Pro* que segue o padrão IEC 61131-3 (*International Electrotechnical Commission*). Composto de 5 linguagens do padrão IEC 61131-3, a ferramenta foi elaborada para avaliar o projeto completo de controladores lógicos programáveis, aí incluídos os *hardwares*, a instalação, os testes, a documentação, a programação e a comunicação com todas as ferramentas de depuração e diagnósticos (Guadaño, 2013, p. 19).

Entre as vantagens do uso do *Unity Pro* destacam-se o aumento da produtividade no desenvolvimento, a facilidade de manutenção, a otimização do investimento em *software*, e redução dos custos de formação, todas essas características representam um grande potencial para o desenvolvimento (Guadaño, 2013, p 20).

Como forma de trazer mais detalhes sobre o ambiente *Unity Pro*, seguem, abaixo, algumas de suas principais características e funcionalidades:

1. Interface gráfica Intuitiva: Permite aos programadores criarem e modificarem a lógica de controle usando linguagens de programação de fácil compreensão;
2. Bibliotecas de Funções e Blocos: Funções e blocos pré-programados que podem ser reutilizados para acelerar o processo de programação e garantir a consistência;
3. Simulação e Teste: Permite simular a Lógica de controle antes de implantá-la em um CLP real, o que ajuda a verificar o comportamento do sistema antes de colocá-lo em operação;
4. Integração de Hardware: Projetado para ser compatível com uma ampla gama de dispositivos de automação industrial da Schneider, permite a configuração e a programação de CLPs, Controladores de Processos, Sistemas de E/S distribuídas e outros equipamentos;
5. Configuração de Comunicação: Permite configurar comunicação entre diferentes dispositivos, como CLPs, IHMs e Sistemas de supervisão;
6. Diagnostico de Depuração: Facilita a identificação e resolução de problemas no *software* de controle.

Para além das especificações acima listadas, o *Unity Pro* ainda disponibiliza recursos de segurança destinados a proteção dos projetos de programação, evitando que sejam realizadas modificações não autorizadas.

Vale reforçar que o ambiente *Unity Pro*, apesar de considerada uma ferramenta avançada, possui uma interface cuja usabilidade está destinada principalmente ao setor

industrial, e requer, de seu operador, um profundo conhecimento em automação e programação (Guadaño, 2013, p 20).

A interface do *Unity Pro* - projetada para oferecer aos engenheiros de automação um ambiente de programação intuitivo e eficiente com vistas a facilitar a criação da lógica de controle e configurações de automação, igual a praticamente todos os *softwares*, pode mudar para diferentes versões, mas os seus elementos gerais devem dar uma ideia de como é a experiência de programação dentro do ambiente Guadaño, 2013, p. 22).

3.2 O AMBIENTE VIJEI DESIGNER

Vije Designer é um *software* de programação de IHM (Interface Homem-Máquina) desenvolvido pela *Schneider Electric*, que “permite a criação de interfaces de usuário personalizadas e eficientes de forma intuitiva e fácil” (Neves, 2023).

Neves (2023) acrescenta que com o *Vije Designer* os usuários podem “criar telas táteis, painéis de operação e sistemas de visualização interativos para monitorar e controlar equipamentos e processos em tempo real”.

Este trabalho foi elaborado no *software* instalado na versão 6.2, uma licença gratuita até essa versão. A sua usabilidade é mais comumente empregada na automação industrial e sistemas de controle de processos.

3.3 OUTROS ELEMENTOS UTILIZADOS NA MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO MAQUINÁRIO RESPONSÁVEL PELA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE MELHORAMENTO DO COLORAU

Para atender a demanda alimentícia, as indústrias precisam investir nos processos de produção, buscando os meios para torná-los mais rápidos e seguros, com vistas a oferecer um resultado final de qualidade inquestionável. Segundo explica Pereira (2018), “a importância da automação nos processos está relacionada com a consistência das etapas de produção”.

Aqui entram as empresas responsáveis pela fabricação desses equipamentos oferecendo as ferramentas que vão contribuir para o alto desempenho da linha de produção, a exemplo dos “sensores indutivos, fotoelétricos, pressão, temperatura, nível, fluxo, módulos inteligentes IO-Link, soluções para válvulas e redes industriais” (Pereira, 2018), os quais garantem a eficiência do processo e eficácia nos resultados.

Para o correto funcionamento do processo de automação, além dos *softwares* já citados,

outros elementos também foram utilizados na criação do equipamento destinado ao melhoramento do processo de produção do colorau, dentre esses vale destacar:

Sensores de nível

O Sensor de Nível (**Figura 1**) se compõe basicamente de duas partes: um detector de nível e um circuito de saída, é um tipo de medidor cuja principal função é agir em determinados pontos fixos de nível ou valores de nível que, uma vez alcançados, exigem o desencadeamento de alguma ação necessária para a operação ou para a segurança do sistema em que o instrumento está inserido. Características mais importantes a serem observadas durante a escolha do sensor de nível:

1. **Indicação e Controle:** os indicadores de medição de nível permitem a verificação localmente - o operador interpreta a medição para tomar as medidas adequadas. Nos sistemas de controle automático ou sistemas em malha fechada, o controle do nível ocorre em um recipiente, eletronicamente (Roure, 2021).
2. **Medição Pontual e Contínua:** frequentemente usado em conjunto com transmissores de nível de medição contínua em medições de nível para um ponto único, seja este intermediário, alto, baixo, e/ou como alarme. Também pode ser utilizado sozinho para indicar simplesmente se o local em que ele está se encontra cheio ou não (Roure, 2021).
3. **Medição com contato e sem contato:** Em uma medição com contato, é fundamental que parte do sistema de medição tenha uma relação direta com o conteúdo do recipiente. Em se tratando de medição sem contato, nenhuma parte do sistema de medição toca diretamente o conteúdo do tanque (Roure, 2021).

Figura 1: Sensores de nível



Fonte: Disponível em: <https://www.balluff.com/pt-br/products/BCS011P>

Sensores indutivos:

Também conhecido como ‘sensor de proximidade’, o sensor indutivo (**Figura 2**) é responsável por detectar objetos metálicos em pequenas distâncias. É composto por um núcleo de ferrite envolto por uma bobina, um circuito oscilador e um circuito disparador em conjunto com um amplificador (Disparador de *Schmitt*).

Figura 2: Sensores indutivos:



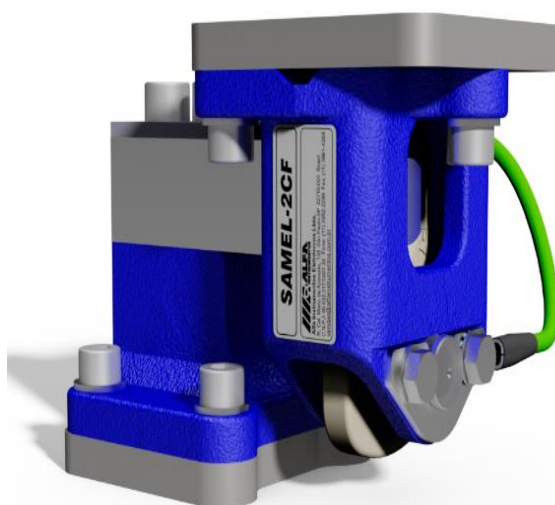
Fonte: Disponível em: <https://www.balluff.com/pt-br/products/BAW004P>

O princípio de funcionamento do sensor indutivo se dá a partir de um campo eletromagnético variável, que é gerado pelo oscilador em conjunto com a bobina na extremidade do dispositivo. Quando um material metálico penetra neste campo, são induzidas pequenas correntes parasitas - com a indução no metal ocorre uma diminuição na energia do campo e conseqüentemente, na amplitude do sinal proveniente do oscilador. Quando este sinal se torna muito baixo, o circuito de disparo percebe a mudança e altera a tensão de saída, fornecendo uma resposta lógica de nível alto ou baixo, que pode ser utilizada no controle do processo (Mattede, [2023]).

Célula de carga

Sensor eletromecânico para medição da força ou peso. A célula de carga (*load cells*) (**Figura 3**) se compõem de duas partes: um corpo principal, que suporta o peso ou força e é responsável pela maior parte do tamanho da célula de carga; e um circuito eletrônico incorporado. Normalmente é fabricado em aço ou alumínio de alta qualidade, o que garante confiabilidade mecânica e distribuição de deformação uniforme e previsível.

Figura 3: Célula de carga



Fonte: Disponível em: <https://www.alfainstrumentos.com.br/produto/samel/>

O circuito eletrônico é acomodado na célula de carga, firmemente colado ao corpo principal. O circuito inclui extensômetros os quais são partes especializadas do circuito projetadas para detectar as deformações do corpo principal (O que [...] 2023).

Inversor de frequência

É um dispositivo eletrônico cuja função é variar a velocidade de giro de um motor de indução trifásico, transformando corrente elétrica alternada fixa (corrente e tensão) em corrente elétrica CA variável, ao mesmo tempo em que controla a potência consumida pela carga através da variação da frequência entregue pela rede. (**Figura 4**)

Figura 4: Inversor de frequência



Fonte: Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product/ATV61HU15M3Z/inversor-de-frequ%C3%Aancia-atv61-sem-ihm-1-5-kw-200240-vac-trif%C3%A1sico/>

Possuem alta eficiência, baixo custo, robustez. Funciona com velocidade constante, a qual varia em função das cargas a ele acopladas e na utilização de um inversor de frequência. Seu princípio de funcionamento é baseado no campo magnético girante, que surge quando um sistema de alimentação de corrente alternada é aplicada em polos defasados entre si 120°. Matematicamente falando: Velocidade síncrona (Ns) em RPM é o produto de 120 vezes a frequência em Hz (f), dividido pelo número de polos do motor (p) (Mattede, [2023]).

CLP (Controlador Lógico Programável)

Dispositivo eletrônico multifuncional, composto de hardware e *software* que permitem comandar aplicações industriais. Tal qual um computador, por meio dele é possível comandar atividades industriais específicas, a diferença é que o CLP (**Figura 5**) é mais resistente que um computador tradicional e suporta condições extremas, como alteração de temperaturas e ambientes agressivos. Possui como componentes: o processador, a memória, a fonte de alimentação, os módulos de entrada e de saída e os dispositivos de programação. Cada unidade do CLP pode abrigar um programa diferente, com funcionamentos, comandos e atividades variadas, necessários, eles, para o acionamento e monitoramento dos processos de uma empresa.

Figura 5: CLP (Controlador Lógico Programável)



Fonte: Disponível em: <https://nomor5-2ed27.web.app/m340-schneider.html>

Softwares específicos desenvolvidos pelos usuários permitem que o CLP possa ser utilizado em aplicações para **automação, controle e monitoramento** de processos e máquinas de diferentes tipos e complexidades (O que é CLP [...], [2017]).

IHM (Interface Homem Máquina)

Figura 6: IHM (Interface Homem Máquina)



Fonte: Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product/HMIST6500/ihm-touch-10-2com-2ethernet-usb-24vdc/>

É o mediador da interação entre um operador e um sistema de automação. Na indústria, ela geralmente é utilizada em linhas de produção e em máquinas de propósitos variados. A função da IHM (**Figura 6**) é acessar o CLP, ler os dados coletados e projetá-los de forma visual para que o operador do sistema possa tomar uma decisão com base na situação real da máquina ou do processo. Após tomar a decisão, o operador pode realizar um comando na IHM para que ela faça o caminho contrário, levando informações ao CLP para que ele, então, altere algum aspecto do sistema de controle. Com o uso da IHM é possível ao operador:

1. Acompanhar em o tempo o processo de produção do seu negócio;
2. Monitorar processos;
3. Visualizar tendências, tags e dados;
4. Monitorar entradas;
5. Traduzir dados;
6. Revisar processos;
7. Monitorar Saídas;
8. Receber diagnóstico de problemas e alarmes;
9. Armazenar dados históricos de processo;
10. Supervisionar KPI's (O que é e porquê [...], [2017]).

Válvula pneumática

Componente de um sistema de automação industrial pneumático, a válvula pneumática (**Figura 7**) é utilizada para direcionar os fluxos de ar, monitorar a pressão nos ambientes e controlar a vazão do ar. Principais tipos de válvulas pneumáticas:

1. **Válvula direcional:** controla a partida, a parada e o sentido do movimento de um atuador;
2. **Válvula reguladora de fluxo:** controla a vazão do ar comprimido;
3. **Válvula reguladora de pressão:** controla ou é controlada pela pressão do ar comprimido;
4. **Válvula de bloqueio:** bloqueia o sentido de ar comprimido.

Figura 7: Válvula Pneumática



Fonte: Disponível em: <https://www.worktechbr.com.br/valvula-pneumatica-borboleta>

No processo de automação industrial, as válvulas pneumáticas contribuem para aumentar a lucratividade e diminuir os custos, além de proporcionar um fluxo de trabalho mais rápido e tranquilo.

Motores elétricos

São máquinas que têm como principal função transformar energia elétrica em energia mecânica. Possuem uma estrutura simples e adaptável a qualquer tipo de carga. Seu uso é bastante comum – podem ser encontrados em vários lugares e agem no funcionamento desde grandes turbinas em hidrelétricas até eletrodomésticos (Cravo, [200-?]).

Cravo ([200-?]) explica ainda que existem vários tipos de motores, os quais integram

diversos equipamentos como: portões elétricos, máquinas industriais, automatismo automotivo e doméstico, robôs e outros, no entanto, por se tratar nesse artigo de um projeto de automação de processos específico será enfatizado o motor elétrico e suas aplicações, o qual se subdivide em:

Motor de Corrente Alternada na Automação

Um dos tipos de motores elétricos que, além dos equipamentos acima listados, também integram: máquina operatrizes; misturadores; compressores; bombas; esteiras, entre outros (Cravo, [200-?]). **(Figura 8).**

“Segundo dados da Eletrobrás, a indústria consome cerca de 42% da energia elétrica produzida no Brasil, dos quais 29% são demandados pelos motores elétricos industriais. Por isso os investimentos em eficiência energética nunca foram tão importantes”, esclarece Cravo ([200-?]). Para maior entendimento do seu funcionamento, Cravo ([200-?]) apresenta, de forma resumida, os componentes de um motor elétrico:

1. **Estator:** carcaça (de ferro fundido, aço ou alumínio), com um núcleo de chapas magnéticas e um enrolamento trifásico.
2. **Rotor:** formado por um eixo que transfere a potência mecânica, núcleo de chapas magnéticas, barras e anéis de curto circuito.
3. **Demais componentes:** tampas (traseira e defletora), ventilador, caixa de ligação, terminais, tipos de rolamentos, placa de identificação, pino elástico, entre outros.

Figura 8: Motor de Corrente Alternada na Automação



Fonte: Disponível em: <https://www.energiacompleta.com.br/motor-eletrico-trifasico-w22-ir3-premium-0-75cv-6p-220-380v-60hz-b3d-weg>

Se faz necessário, ao se decidir pela aquisição dos equipamentos que irão ser usados na execução do processo, atentar, dentre outras coisas, para os tipos de materiais que serão empregados em todas as fases da criação, observando, principalmente as características dos produtos, e seus benefícios a longo prazo tanto para o alimento processado como para quem o consume, sem que se priorize apenas a questão de valor de investimento – afinal: “o barato às vezes sai caro”.

Uma vez apresentados os equipamentos adquiridos para a criação, montagem e instalação, serão destacadas, no capítulo que segue, as etapas da automação em si, ou seja, a forma como decorre todo o processamento nas IHM's dos insumos até o produto final.

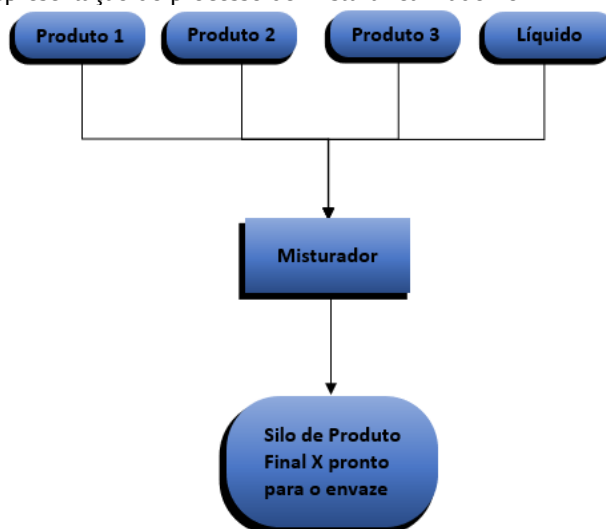
4 ETAPAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Como ponto primeiro da descrição das etapas da automação, vale enfatizar que esse projeto, que consiste na automatização do processo de melhoramento do colorífico, teve como primeiro impacto a redução do trabalho braçal. A operação tem início a partir de duas IHM, cujo acionamento se dá por meio dos botões de operação.

Outro ponto importante a ser destacado são as telas das receitas ou de programação, por meio das quais é possível verificar a formulação do produto. Os parâmetros dessas telas são alterados pelo pessoal do setor de qualidade com base no padrão do produto. O projeto também conta com uma tela que auxilia a operação e manutenção para identificação (diagnóstico) de falhas ocorridas durante o processo. Para a criação do protótipo foram utilizados dois *softwares*: o *Unity Pro* - para desenvolvimento das etapas de programação do CLP, utilizando a linguagem de programação *ladder*, e o *Vijeo designer* para criação as telas da IHM.

A Figura 12 apresenta uma visão geral do misturador 1. O equipamento foi idealizado e criado para realizar o armazenamento dos insumos, a mistura do produto final resultante da colheita do colorau até o seu armazenamento no silo de produto final. Nessa etapa, os produtos são inseridos no misturador atendendo a receita programada pelo padrão da empresa através do pessoal da qualidade. Para o processamento do produto, o misturador conta com vários motores que vão sendo ligados conforme seja a etapa da realização da mistura. Para identificação desse fluxo, os motores foram sinalizados com 3 cores diferentes: Vermelho, que sinaliza que o motor está desligado; Verde, que indica que o motor está em funcionamento; e Cinza, que indica que motor está desligado e sem falha.

Figura 9: Fluxograma: representação do processo de mistura realizado no “Misturador 1” – Produto Final X

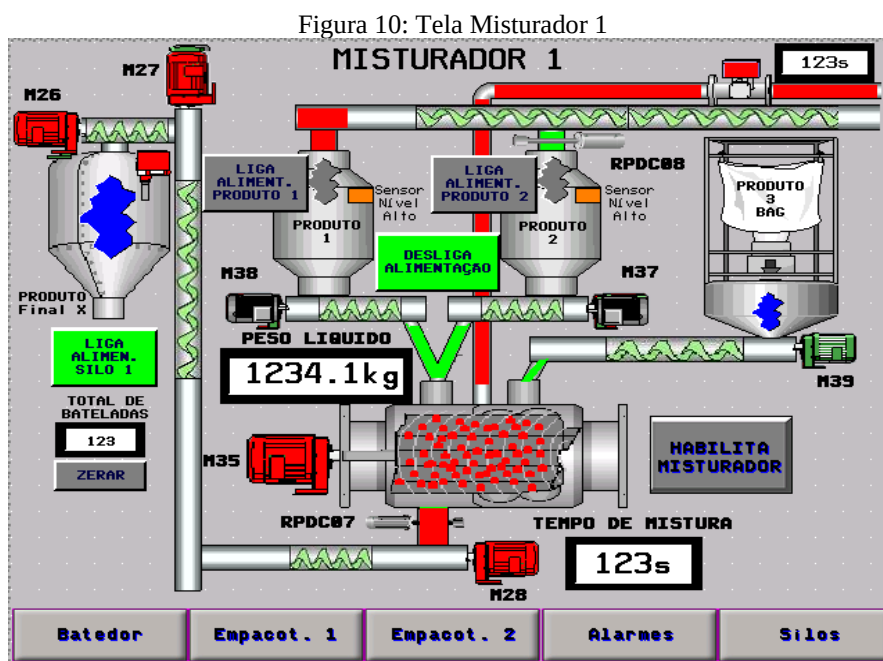


Fonte: O próprio autor.

O Fluxograma acima (**Figura 9**) representa o percurso por onde os insumos percorrem (Silos produto 1, produto 2) os quais, juntamente com o líquido (Silo produto 3) serão enviados para o Misturador. Uma vez finalizada a mistura, o produto resultante segue para o Silo de produto final X de onde partirá para ser envasado.

O Processo de Mistura (**Figura 10**) se inicia tão logo seja acionado o **Botão Liga Alimentação Silo 1** que é o responsável em manter o nível do silo de produto final X sempre cheio. A partir de seu acionamento, se o sensor de nível alto não estiver ativado, o misturador estará liberado para descarregar o produto para o silo. A partir de então serão acionados em cascata os motores M26, M27 e M28 em seguida o registro pneumático RPDC07, que é o responsável pela liberação do produto existente no misturador, transferindo-o até que o indicador de peso do misturador marque 0kg – o que significa que todo o recipiente foi esvaziado onde foi criada uma flag² de misturador cheio e misturador vazio.

Ao acionar o **Botão Habilita Misturador**, se o misturador estiver com peso líquido 0kg estará liberado para iniciar o processo de mistura. Com isso existe uma lógica para girar o misturador, caso o botão “liga alimentação” esteja acionado, é iniciado o processo de pesagem dos produtos.



Fonte: o próprio autor

Na sequência de ações, será acionado o **Botão Alimentação do Produto 1** – se o sensor

² A variável foi utilizada para indicar ao programa que a condição foi terminada. Indicando que uma condição foi de verdadeira para falsa.

de nível alto estiver desligado, o motor M30 da tela SILOS (**Figura 23**) será acionado, seguindo-se pelo M16 e o M12 sucessivamente - a partir de então o registro pneumático será aberto, e de acordo com o silo que está selecionado o produto 1, abrir-se-á o RPFM01 ou RPFM02, ligando, em seguida, M35 ou M34.

Inicialmente, ao receber o Produto 1 de acordo com o programado, o motor do Misturador M35 ficará ligado até próximo do final da pesagem do produto 1, isso fará com que o M38, controlado por um inversor de frequência, inicie a dosagem do produto com uma velocidade mais alta. Ao final da dosagem, o M38 baixará a velocidade para realizar uma dosagem mais precisa. Finalizada essa etapa, o motor M38 – ao atingir o valor programado – cessará seu funcionamento, e assim, o motor do misturador M35 voltará a funcionar para iniciar uma nova pesagem do produto 2, repetindo-se, portanto, o mesmo processo do produto 1, mas de acordo com o valor programado para a quantidade do produto 2 e ligando o motor M37.

O processamento segue com o acionamento do **Botão liga alimentação produto 2** - nesse momento, se o sensor de nível alto estiver desligado, o registro pneumático RPDC08 será ligado, e na sequência o motor M30 da tela SILOS (**Figura 23**) será acionado, seguindo-se pelo M16 e o M12 respectivamente – após acionados os motores, o registro pneumático RPFF01 será também acionado para liberar o produto, ligando, desta feita o M33.

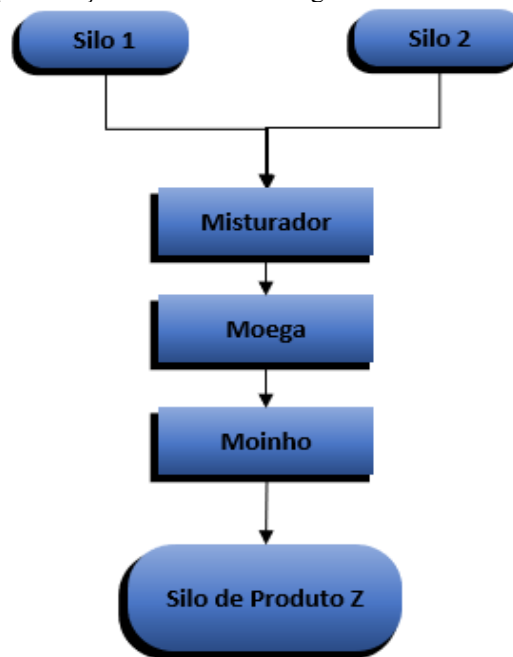
Terminado o processo de pesagem do produto 2, é iniciado o processo de pesagem do produto 3, repetindo o mesmo processo dos produtos 1 e 2, de acordo com o valor programado e acionado o motor M39, um detalhe importante do produto 3 é que seu armazenamento é através de BAG, e sua alimentação é realizada manualmente pelo operador transportado por uma empilhadeira. Por último é adicionado o líquido³ que segue por meio da bomba que se encontra na tela dos silos, a qual é acionada por um tempo⁴ programado que mostrara a contagem na tela, estabelecendo uma dosagem precisa do volume desejado.

Após conclusão das etapas acima descritas, o misturador está com sua capacidade programada e inicia o processo de mistura de acordo com o tempo estabelecido, que ficará indicado na tela. Terminado o tempo de mistura o produto seguirá para o silo de produto final X, adotando o fluxo já citado acima.

³ Peso liquido: Indica o peso do produto que está dentro do misturador.

⁴ Tempo: Se refere ao tempo corrente de dosagem do liquido.

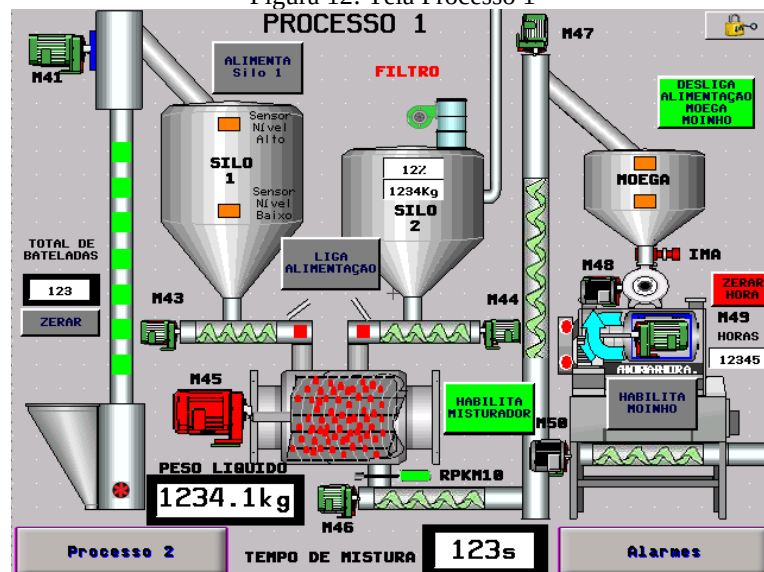
Figura 11: Fluxograma: representação de mistura e moagem realizado no “Processo 1 e 2” – Produto Z



Fonte: O próprio autor.

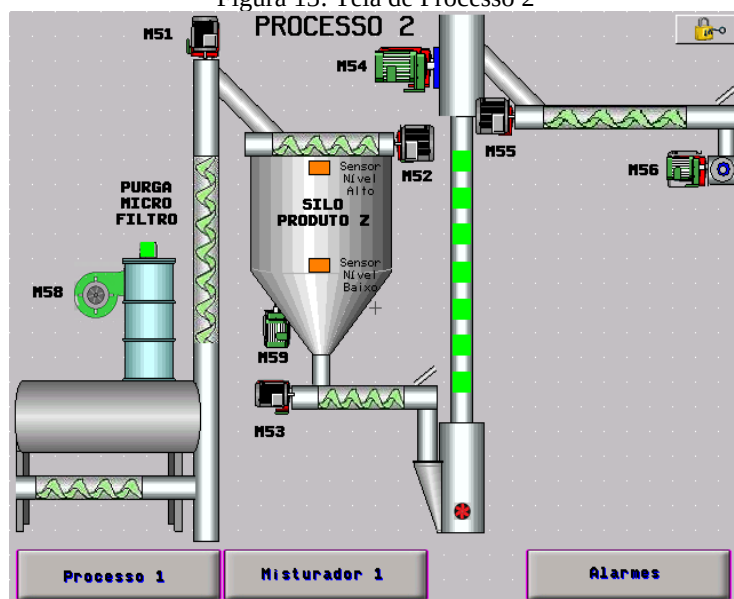
O Fluxograma acima (**Figura 11**) resume a representação o processo de mistura e moagem realizado no “Processo 1 e 2”. Uma vez alimentados, os silos 1 e 2 enviarão os insumos ao Misturador, esse, após realização da etapa de mistura, encaminha o produto obtido para Moega, que é responsável em abastecer o moinho. Depois de alimentada a moega, o produto será enviado ao moinho para ser triturado até que alcance a consistência programada, que será despejada, por fim, no Silo de Produto Z.

Figura 12: Tela Processo 1



Fonte: o próprio autor.

Figura 13: Tela de Processo 2



Fonte: o próprio autor.

A tela **Processo 1** (Figura 12), tem por objetivo realizar a mistura e moagem do produto Z, e seu armazenamento no silo de produto Z que se encontra na tela processo 2 (Figura 13). Nessa etapa, o processo de inserção dos produtos no misturador seguirá a receita programada pelo padrão da empresa, sob o encargo do pessoal da qualidade. O processo decorre da seguinte forma:

1. Ao acionar o **Botão Alimenta Silo 1**, se o sensor de nível baixo não estiver acionado, o motor M41 permanecerá ligado até que o produto atinja o sensor de nível alto – ao atingir o sensor de nível alto só será possível religá-lo quando o sensor de nível baixo desligar novamente;
2. Seguindo a etapa de processamento, o **Botão Liga Alimentação Moega** será acionado. Se o sensor de nível baixo estiver desligado, o misturador estará liberado para descarregar o produto, ligando, desta feita, os motores M47 e M46 sucessivamente, e em seguida, abrindo o registro pneumático RPKM10.

A etapa seguinte se processa a partir do acionamento do **Botão Habilita Misturador** - nessa, ao se acionar o botão habilita misturador, se o misturador estiver com peso líquido 0kg, ele estará liberado para iniciar o processo de mistura. Para isso, existe uma lógica a ser seguida para acionamento do misturador, qual seja: caso o **Botão “Liga Alimentação”** esteja acionado, é iniciado o processo de pesagem dos produtos, o que ocorrerá da seguinte forma:

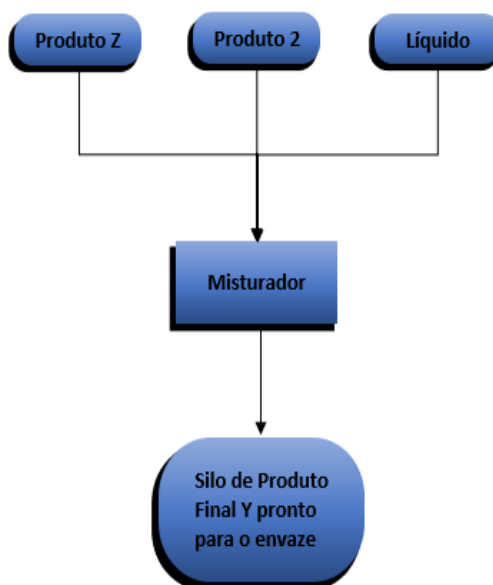
1. Inicialmente, estando o produto 1 conforme o programado, o motor do misturador M45 ficará ligado até próximo do final da pesagem do produto 1, assim o motor M43, controlado por um inversor de frequência, inicia a dosagem com uma velocidade mais alta – ao final da dosagem ele baixa a velocidade para realizar uma dosagem mais precisa;
2. Finalizada a dosagem, o motor M43 para de funcionar devido ter atingido o valor programado, e o motor do misturador M45 volta a funcionar para iniciar uma nova pesagem do produto 2 – repete-se, assim, o mesmo processo do produto 1, mas de acordo com o valor programado para a quantidade do produto 2 e ligando o motor M44.
3. Terminada a pesagem do produto 2, o misturador ficará ligado por um tempo programado; findado esse tempo ele descarrega todo o produto na Moega. Caso a Moega esteja vazia - após descarregado todo o produto que estava nela – inicia-se, automaticamente uma nova etapa de mistura do produto.

Nessa etapa do processo, chega-se ao **Botão Habilita Moinho**, o qual, ao ser acionado, caso o silo de produto Z estiver com sensor de nível baixo não acionado e o sensor de nível baixo da Moega acionado, o moinho estará liberado para começar a moagem do produto que vem do misturador que está armazenado na Moega. Começa, então, o processo de moagem ligando os motores M52, M51, M58 e M50 sucessivamente – no início o moinho passará a girar em vazio, mas após alguns segundos o motor M48 passará a girar liberando o produto para o moinho. Importante esclarecer que o todo o processo segue um tempo determinado, o qual é controlado por um de **Horímetro**, o qual está indicando na tela ao lado do moinho para indicar o tempo de trabalho – que é programado em horas. Atingido o tempo programado será automaticamente acionado o botão vermelho “**Zerar Hora**”. O botão acionador de tempo passa regularmente por uma intervenção para sua manutenção, com vistas a garantir o perfeito funcionamento da mecânica no moinho. Após realizada a referida intervenção, o mantenedor segura o botão por 10s - o horímetro vai zerar e o botão sai da tela iniciando, assim, uma nova contagem de tempo.

Para finalizar o ciclo parte-se para avaliação do Total de Bateladas. Esse procedimento indica quantas vezes o misturador realizou o processo de mistura, ou seja, quantas vezes ele ficou cheio – a cada batelada ou ciclo, o sistema é alimentado com a matéria-prima e os reagentes necessários para a formação final do produto. A partir dessa etapa do processo o

operador ficará sabendo quantas bateladas ele realizou durante o turno, ao mesmo tempo em que os supervisores de produção ficarão cientes da quantidade de produto consumido.

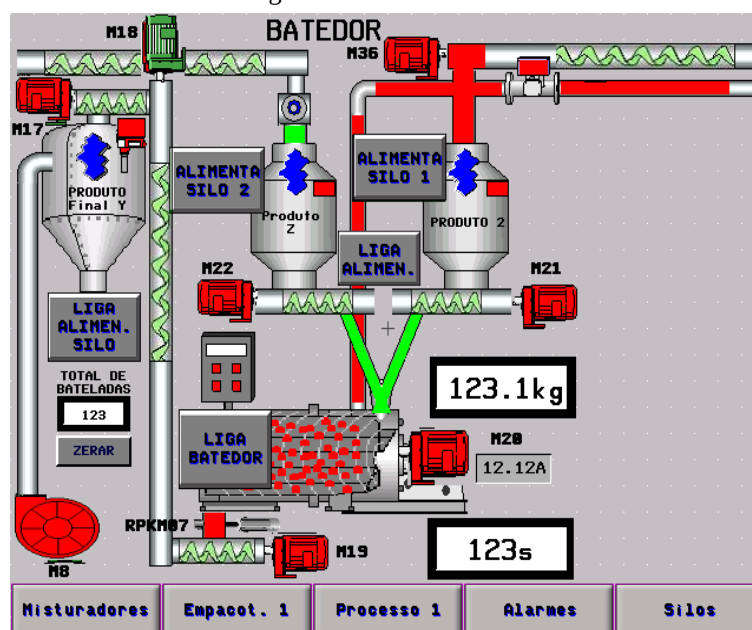
Figura 14: Fluxograma: representação do processo de mistura realizado no “Batedor” – Produto Final Y



Fonte: O próprio autor

O fluxograma acima (**Figura 14**) apresenta o trajeto seguido pelos insumos (Silos produto 1, produto 2) os quais, juntamente com o líquido (Silo produto 3) serão enviados para o Misturador. Uma vez finalizada a mistura, o produto resultante segue para o Silo de produto final Y de onde seguirá para ser envasado.

Figura 15: Tela Batedor



Fonte: O próprio autor

A tela Batedor (**Figura 15**) tem como principal função apresentar o meio como se realiza a mistura do produto Y e o seu armazenamento no silo de produto final, onde são inseridos os produtos no Batedor, de acordo com a receita programada pelo padrão da empresa através do pessoal da qualidade. O processo se inicia ao se acionar **Botão liga alimentação do silo**. Uma vez acionado o botão liga alimentação do silo, e o sensor de nível alto não estiver acionado, o Batedor está liberado para descarregar o produto, a partir desse momento serão ligados sucessivamente os motores M17, M18 e M19, com isso o registro pneumático RPKM07 é acionado liberando o produto que existe no Batedor até o indicador de peso do Batedor marcar 0kg.

Ao ser acionado o **Botão alimenta silo 2**, e o sensor de nível alto estiver desligado, o motor M56 da tela PROCESSO 2 é acionado, seguindo-se o acionamento em cascata dos motores M55, M54, M53 e M59 sucessivamente até atingir o sensor de nível baixo. Na sequência, quando o **Botão alimenta silo 1 é acionado**, e o sensor de nível alto estiver desligado, o motor M36 é ligado, em seguida indo para a tela SILOS (**Figura 23**) o registro pneumático RPKM09 é acionado, em seguida os motores M30, M16, M12. Caso um dos botões Habilita Produto 1 esteja ligado, abrirá o registro pertencente ao silo selecionado, sendo o RPFM01 ou RPFM02, e assim também os motores, M34 OU M35.

Em seguida, o processo chega ao **Botão Liga Batedor**. Ao acionar o botão Liga Batedor e ele estiver com peso líquido⁵ 0kg, estará liberado para iniciar o processo de mistura. Com isso existe uma lógica para girar o batedor: caso o botão “liga alimentação” esteja acionado, é iniciado o processo de pesagem dos produtos, primeiramente entrando o produto 1 de acordo com o programado, o motor do Batedor M20 ficará ligado até próximo do final da pesagem do produto 1, assim o motor M38, controlado por um inversor de frequência, inicia a dosagem com uma velocidade mais alta, assim no final da dosagem ele baixa a velocidade para realizar uma dosagem mais precisa.

Finalizando a dosagem o motor M21 para de funcionar devido ter atingido o valor programado, e o motor do Batedor M20 volta a funcionar para iniciar uma nova pesagem do produto 2, repetindo o mesmo processo do produto 1, mas de acordo com o valor programado para a quantidade do produto 2 e ligando o motor M22. Por último é adicionado o líquido que vem através da bomba que se encontra na tela dos silos, que é acionado de acordo com o peso programado. Por último o motor do batedor controlado por um inversor de frequência aumenta a velocidade para aquecer o produto e atingindo uma característica do produto, e assim ficando

⁵ Peso líquido: é a indicação do peso de produto que está dentro do batedor

ligado até atingir o tempo⁶ programado. Finalizando a mistura, o batedor descarrega todo o produto, e assim inicia um novo ciclo automaticamente. Nas telas abaixo é possível conferir os dados relacionados as receitas dos processos, são esses parâmetros que garantem a qualidade dos produtos.

Figura 16: : Tela Programação Processo 1

TELA DE PROGRAMAÇÃO PROCESSO 1	
Peso Produto 1	123.1kg
Peso Produto 2	123.1kg
Tempo Programado para Misturar	123s
Tempo Programado Sentido Moinho	12345H

SENTIDO DE GIRO MOINHO

ESQUERDA
DIREITA

Processo 1
Program. Mist.

Fonte: O próprio autor

A **Tela Programação Processo 1 (Figura 16)** apresenta dados da receita, que diz respeito a quantidade de cada produto a ser inserido no misturador, e ao tempo de mistura após inseridos os produtos. Esses valores serão alterados pelo pessoal da Qualidade, que saberá a formulação correta para a receita do produto.

A tela também registra o tempo programado do sentido de giro do moinho, o qual, após programado, disparará um alarme na tela processo 1 indicando que o tempo foi concluído. A partir de então, será necessário inverter o sentido de giro do moinho nos botões esquerda e direita fazendo com que esse passe a girar no sentido contrário.

⁶ Tempo: é o tempo corrente de dosagem do produto 3

Figura 17: Tela receita Misturador

TELA DE PROGRAMAÇÃO MISTURADOR	
Peso Misturador Produto 1	123.1kg
Peso Misturador Produto 2	123.1kg
Peso Misturador Produto 3	123.1kg
Tempo Misturador Liquido	123s
Tempo Programado para Misturar	123s

Batedor Misturadores Empac.Kimino Prog. Bated.

Fonte: O próprio autor

A **Tela Programação Misturador (Figura 17)** exibe a receita, que é a quantidade de cada produto a ser inserido no misturador, e o tempo de mistura após inserção dos produtos. Esses valores serão alterados pelo pessoal da Qualidade que saberá a formulação correta para a receita do produto.

Figura 18: Tela receita batedor

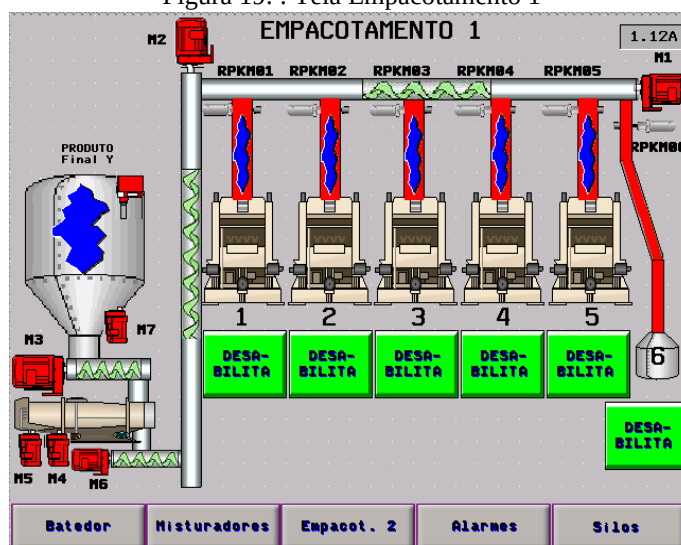
TELA DE PROGRAMAÇÃO BATEDOR	
Peso do Batedor Produto 1	123.1kg
Peso do Batedor Produto 2	123.1kg
Peso do Batedor Líquido	123.1kg
Tempo Programado Batedor	12345s

Batedor Misturadores Empac.Kimino Empac.D.Clara Prog. Mist.

Fonte: O próprio autor

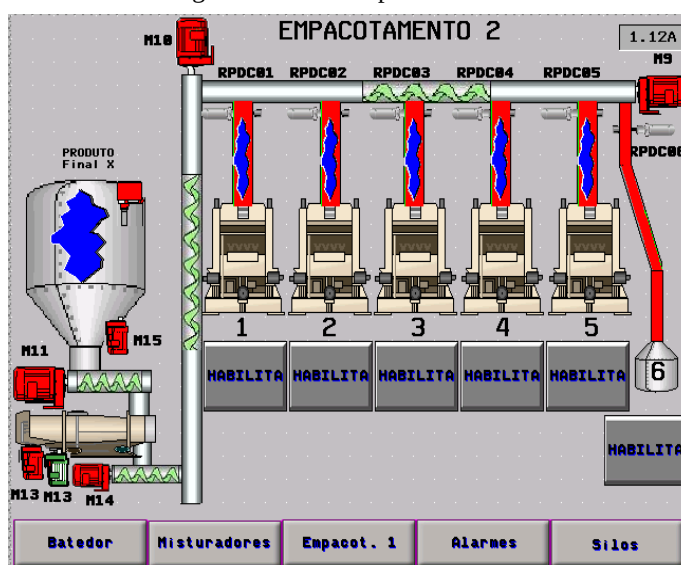
A **Tela Programação Batedor (Figura 18)** é possível acompanhar a receita, que é a quantidade de cada produto a ser inserido no Batedor, e o tempo de mistura após inseridos os produtos. Esses valores serão alterados pelo pessoal da Qualidade que saberá a formulação correta para receita do produto.

Figura 19: : Tela Empacotamento 1



Fonte: O próprio autor

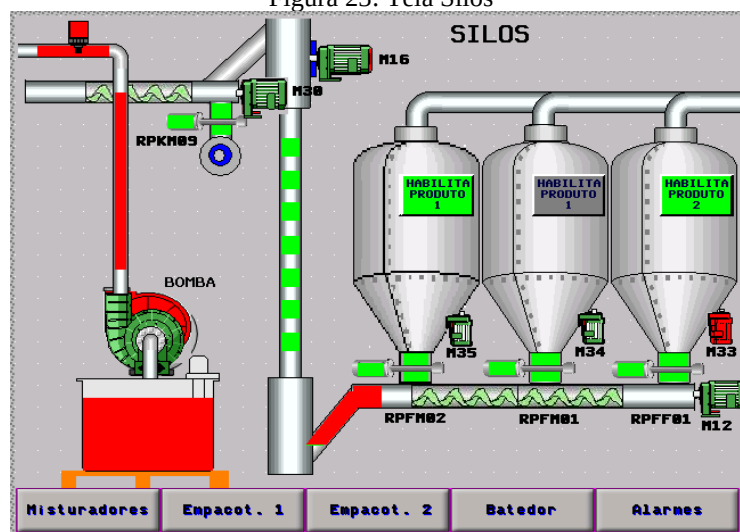
Figura 20: Tela Empacotamento 2



Fonte: O próprio autor

As telas Empacotamento 1 e 2 (**Figuras 19 e 20**) apresentam o controle de fluxo do produto final que vai alimentar as máquinas responsáveis pelo empacotamento do produto. Em cada uma das máquinas existem duas opções de alimentação, sendo uma para o produto X e a outra para o produto Y. Cada uma delas só poderá alimentar um produto por vez - caso o produto X esteja selecionado na máquina 1 empacotamento 2, e o sensor de nível da máquina apresentar nível baixo, é iniciado o processo de alimentação, abrindo-se a válvula pneumática RPDC01, ligando os motores M9, M10, M14, M13, M11, M5. Assim, a máquina será alimentada até atingir o nível alto. Por último, existe o botão de opção 6, que serve para descarregar o produto em um recipiente inserido manualmente, sendo assim acionado o RPDC06 ou RPKM06

Figura 23: Tela Silos

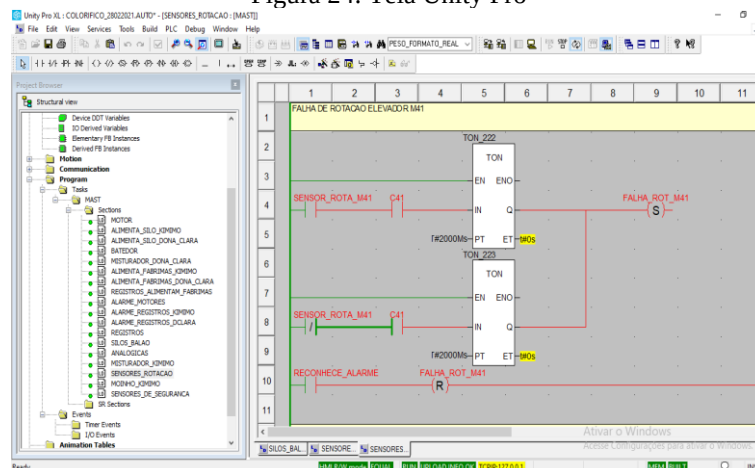


Fonte: O próprio autor

A tela Silos (**Figura 23**), mostra a parte do sistema composto por uma bomba que tem como função transportar o líquido que é parte do processo de mistura do produto X e Y. Quando o líquido é solicitado, a bomba é acionada e começa a enviar o líquido ao seu destino. Essa etapa é composta também por 3 silos de armazenamento de produto 1 e 2 – a cada etapa o operador seleciona um deles para a retirada do produto - caso o operador selecione o botão do Silo 2, o botão do Silo 1 será desabilitado automaticamente, com isso só poderá retirar produto de um silo por vez. O conteúdo dos silos 1 e 2 são sempre iguais. Quando o produto é solicitado os registros pneumáticos RPFM02, RPFM01 e RPFF01 abrirá automaticamente de acordo com o produto desejado.

A tela abaixo (**Figura 24**) destaca o modelo do projeto realizado no *Unity Pro* online, criado no simulador do próprio *software*.

Figura 24: Tela Unity Pro



Fonte: o próprio autor

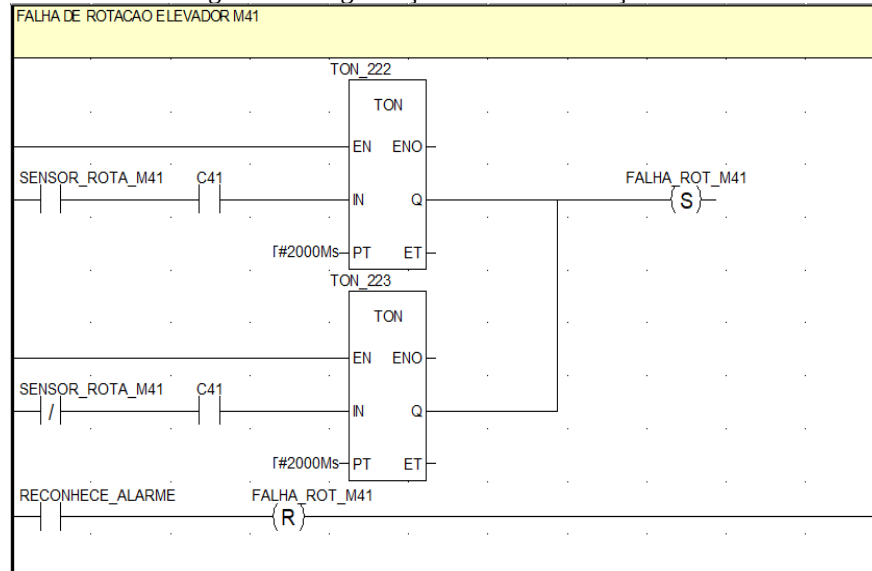
No lado esquerdo da imagem tem-se a visão estrutural do projeto, cujas etapas estão separadas e nominadas, conforme se vê abaixo, para melhor organização da programação e entendimento do processo de criação.

Denominação das etapas

1. **MOTOR:** Guarda a programação de todos os motores, ligar manual ou automático, de acordo com o selecionado na IHM.
2. **ALIMENTA SILO PRODUTO Y:** Etapa onde está inserida toda a programação de alimentação do silo de produto final Y, detectando o sensor de nível e ligando os motores e registros responsáveis em abastecer o silo mencionado.
3. **ALIMENTA SILO PRODUTO X:** Etapa onde se encontra toda a programação de alimentação do silo de produto final X, detectando o sensor de nível e ligando os motores responsáveis em abastecer o silo mencionado.
4. **BATEDOR:** Onde se encontra registrada toda a programação do batedor: tempo de mistura, peso e abastecimento, ligando os motores e registros responsáveis pelo processo.
5. **MISTURADOR:** Registra toda a programação do Misturador: tempo de mistura, peso e abastecimento do misturador ligando os motores e registros responsáveis pelo processo.
6. **ALIMENTA EMPACOTAMENTO 1:** Guarda toda a programação de alimentação das máquinas do empacotamento 1, ligando os motores responsáveis em abastecer as máquinas para o produto ser envasado.
7. **ALIMENTA EMPACOTAMENTO 2:** Guarda toda a programação de alimentação das máquinas do empacotamento 2, ligando os motores responsáveis por abastecer as máquinas de envasamento do produto.
8. **REGISTRO ALIMENTA EMPACOTAMENTO:** Onde está inserida a programação de todos os registros que alimentam os empacotamentos.
9. **ALARME MOTORES:** Controla a programação de alarme e reset de todos os motores.
10. **ALARME REGISTROS DE PRODUTO Y:** Onde está inserida a programação, alarme e reset de todos os registros do produto Y.
11. **ALARME REGISTROS DE PRODUTO X:** Guarda a programação, alarme e reset de todos os registros do produto X.
12. **REGISTROS:** Onde está inserida a programação de todos os registros: ligar manual ou automático de acordo com o selecionado na IHM.
13. **SILOS:** Acomoda toda a programação de alimentação dos silos, detectando o sensor de nível e ligando os motores e registros responsáveis em abastecer o silo solicitado.
14. **ANALÓGICAS:** Armazena todas as entradas e saídas analógicas das células de carga e inversores e a programação delas.
15. **MISTURADOR PROCESSO 1:** Guarda toda a programação do Misturador: tempo de mistura, peso e abastecimento do misturador ligando os motores e registros responsáveis pelo processo.
16. **SENSORES DE ROTAÇÃO:** Responsável por receber os sinais dos sensores indutivos e a programação que detecta o movimento de alguns motores.
17. **MOINHO:** Acomoda a programação do moinho controlando o abastecimento com o produto e o sentido de rotação

18. **SENSORES DE SEGURANÇA:** Onde se encontra a programação de todos os sensores de segurança. Caso algum sensor entre em falha o processo também entrará.

Figura 25: Programação de falha de rotação M41



Fonte: o próprio autor

A imagem acima (**Figura 25**) destaca detalhes da programação em caso de falha de rotação do motor M41. Se pôr a lógica do programa acionar o motor fechando o contato C41 e o sensor não detectar movimento, por meio do qual o SENSOR_ROTA_M41 instalado no eixo de rotação realizará a leitura a cada rotação, o motor entrará em falha. No momento em que o motor M41 é ligado, o contato C41 se fechará, a partir daí o SENSOR_ROTA_M41 piscará para alertar que o motor está em giro. Caso o sensor não mude de ligado para desligado em 2 segundos, o temporizador TON_222 ou TON_223 acionará a saída lógica FALHA_ROT_M41 e com isso o motor M41 entrará em falha.

Findada a apresentação das etapas do projeto de automação para melhoramento da produção do colorau, segue-se destacando a forma como transcorriam as etapas de manuseio do colorau desde a sua plantação, etapas importantes para a garantia do produto, até que se chegasse ao destino final – a venda aos consumidores.

5 A PRODUÇÃO DO COLORAU ANTES E DEPOIS DA AUTOMAÇÃO E OS BENEFÍCIOS PARA OS ENVOLVIDOS NO NOVO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os processos manuais em qualquer ambiente de trabalho requerem cuidados especiais para garantir eficiência, precisão, segurança e consistência. Com o avanço das novas tecnologias, no entanto, o processo manual foi entrando em desuso devido aos fatores citados acima e entre outros cuidados que devem ser observados, como: planejamento e documentação, treinamento, uso de EPIs, ergonomia, controle de qualidade, padronização, descansos, pausas e melhoria contínua. Por exemplo, até bem pouco tempo, antes de ser implantado o sistema automatizado descrito, o processo de mistura e embalagem do colorau era realizado de forma mista – ou seja, homem e máquinas faziam parte do processo, o que resultava em um grande maior esforço por parte do trabalhador, e um maior custo para as empresas. Esses fatos estimularam a decisão por automatizar nos processos.

No início dos procedimentos, os insumos eram colocados manualmente em um pequeno moinho (**Figura 26**) para serem moídos e posteriormente inseridos nos sacos.

Figura 26: Moinho utilizado no processo de produção manual



Fonte: O próprio autor

Depois da moagem, o produto ensacado na primeira etapa (**Figuras 27 e 28**) era enviado manualmente para o misturador, de onde, após realizada a mistura, seguia para um pequeno silo

de armazenamento de ‘produto final’ o colorau que já saía envasado pelas empacotadeiras.

Figura 27: Exemplo de empacotamento realizado no processo de produção manual



Fonte: O próprio autor

Figura 28: Área destinada ao armazenamento dos produtos antes do processo de envasamento final



Fonte: O próprio autor

Não dá para negar que o processo manual apresenta bastantes pontos negativos: além de exigir grande esforço dos empregados, que transportavam os sacos pesados no “pulso”, acabava gerando prejuízo também financeiro já que não era possível realizar uma dosagem fiel do produto. Outro inconveniente era o armazenamento, já que as sacas ocupavam bastante espaço na área de produção.

Enfim, muito se perdia com o processo manual de produção do colorau.

O que não se pode dizer com a produção automatizada. Apesar da necessidade das ferramentas das novas tecnologias, o que as vezes encarece o processo, a automatização em muito se diferencia do trabalho manual: no modo automático o tempo de produção é reduzido uma vez que todos os procedimentos a serem realizados são pré-programados, por exemplo: as matérias primas são adicionadas de forma automática no misturador, o processo todo é controlado por duas IHM's - ou Painéis de Controle 1 e 2 (Figuras 29 e 30), que enviam e recebem informações do CLP inserido no Painel de Comando (**Figura 31**).

Essas são as diferenças mais importantes no modelo automatizado, pois contribuem para que o processo seja realizado com segurança e eficiência.

Figura 29: Painel de controle 1.



Fonte: O próprio autor

A imagem abaixo (**Figura 30**) destaca a segunda IHM instalada em um pequeno quadro de comando, acompanhada de um botão de emergência, desligando todo o processo caso esse botão seja pressionado.

Figura 30: Painel de Controle 2



Fonte: O próprio autor

O painel de comando (**Figura 31**) está instalado o CLP com todos os seus cartões de saídas e entradas digitais e analógicas.

Figura 31: Painel de comando



Fonte: O próprio autor

O armazenamento dos produtos é realizado em silos de inox (**Figura 32**), garantindo a segurança alimentar.

Figura 32: Silos para armazenamento final



Fonte: O próprio autor

Após a implantação da automação, a grande quantidade de sacos deixou de existir, todos os produtos são transportados automaticamente para os seus destinos ilustrado na figura abaixo (**Figura 33**).

Figura 33: Visão geral do projeto



Fonte: O próprio autor

Vale salientar que a partir da idealização e implementação do sistema de automação das etapas de produção do colorau foram muitas as melhorias registradas, a saber:

1. Ganho na produtividade, que passou de 640 kg/h para 1.500 kg/h;
2. Melhores condições de Ergonomia, já que propiciou a eliminação de movimentação da sacaria;
3. Redução de exposição ao calor durante a movimentação dos sacos;
4. Melhoria da Segurança Alimentar, o que se deu com a eliminação da manipulação direta dos produtos;
5. Melhoria na qualidade do produto, que passou a contar com a padronização de pesagem automática de todos os ingredientes;
6. Reutilização dos materiais da sucata rica, o que contribui para a preservação do meio ambiente;
7. Redução de pragas e abelhas que eram atraídas pelo pó do processo;
8. Melhoria do Layout da fábrica com mais espaço livre de circulação;
9. Redução de mão de obra.

Para além de todos os benefícios inerentes ao processo, hoje a mão de obra empregada na produção apenas se destina a “apertar os botões” para fazer as máquinas funcionarem, o que diminui sobremaneira o desgaste físico e até mental dos empregados.

Por fim, fica evidente que a implantação do sistema automatizado gerou um ganho de produtividade para a empresa e diga-se, para os consumidores que passaram a usufruir de um produto com melhor qualidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que nesse novo cenário econômico as empresas do ramo alimentício estão investindo pesado em todas as frentes de trabalho como forma de atender as demandas dos clientes por produtos de qualidade. Diante dessa realidade, as indústrias precisam cotidianamente manterem-se atualizadas às inovações de mercado, em especial na área da automatização, vez que essa tem sido a chave para agilizar os processos de produção, reduzir custos e manter a qualidade e eficiência do processo de produção.

Foi pensando em atender a uma clientela exigente que se partiu para a idealização desse projeto, com vistas a melhorar a qualidade do processo de produção do colorau – posto que esse tem sido um produto com grande procura para atendimento da população em várias frentes – como condimento, medicamento e uso na indústria da beleza.

Durante a sua implementação, não existiram problemas que colocassem em risco ou impedissem a sua execução, apenas foram enfrentadas situações corriqueiras, inerentes, elas, a quaisquer novos investimentos de grandes proporções, a exemplo do tempo de elaboração e execução do projeto; da escolha das empresas que atuassem não como simples vendedoras, mas como parceiras durante todas as fases do projeto; da escolha e compra do material adequado e de qualidade para atender a proposta elaborada; de seleção de pessoal a ser engajado no processo; adquirir conhecimentos com os *softwares* citados através de vídeos aulas e entrando em contato com o fabricante do *software* para uma maior agilidade na programação, e um grande desafio foi manter a fábrica antiga em funcionamento para não parar o processo e atender o mercado. Sem contar que tudo isso só foi possível graças ao empenho e confiança dos empreendedores que atenderam a todas as reivindicações, na certeza no seu resultado final.

Por fim, o projeto mostrou-se bastante satisfatório pois atendeu ao objetivo proposto, qual seja, contribuir para a realização de todas as etapas do processo de produção do colorífico, facilitando o seu manejo desde o início do recebimento dos insumos até a etapa final com vistas a oferecer, ao mercado consumidor, um produto de excelência.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Fagner da Silva. Plataforma de baixo custo utilizada como ferramenta para análise de viabilidade na automação industrial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, edição 5, ano 6, v. 9, mai. 2021, pp. 208-247. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/analise-de-viabilidade>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Pereira de; CHAGAS, Christiano Vasconcelos das; FERNANDES, Raphaela Galhardo. Uma rápida análise sobre automação industrial. **Redes para Automação Industrial**, Natal, RN, DCA-CT-UFRN, 2003.1. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_6.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.
- CARVALHO, Paulo Roberto Nogueira et. al. Concentração de bixina e lipídios em sementes de urucum da coleção do Instituto Agrônômico (IAC). **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 519-524, Campinas, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/WQyz4cXgWTHfPkQ7FVgJLJd/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 27 ago. 2023.
- CRAVO, Edilson. Automação Industrial : Tipos de Motores Elétricos: quais são eles e onde aplicá-los? **Kalatec Automação** [online], [200-?]. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/tipos-motores-eletricos/>. Acesso em: 15 set. 2023.
- DIJIGOW, Patrícia. Urucum: uma importante fonte de corantes naturais. **Escola de Botânica** [online], 2022. Disponível em: <https://www.escoladebotanica.com.br/post/urucum> Acesso e: 27 ago. 2023.
- FABRI, Eliana G. Urucum: fonte de corantes naturais. **Hortic. Bras.**, v. 33, n. 1, jan. - mar., 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/yTwR3dFPVW4rLHmKpQxNnrj/?lang=pt>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- GÓIS, Fábio. Cultivo de urucum desperta atenção de produtores do DF. **Agência Brasília** [online], 2020. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/07/26/cultivo-de-urucum-desperta-atencao-de-produtores-do-df/>. Acesso em: 27 ago. 2023.
- GUADAÑO, Guillermo Calvo. **Simulación de la automatización de procesos con Unity Pro**. Proyecto Fin de Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Universidad Carlos III. Escuela Politécnica. Madri: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, julio 2013. Disponível em: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19868/TFG_Guillermo_Calvo_Guadano.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 set. 2023.
- HORTO DIDÁTICO DE PLANTAS MEDICINAIS DO HU/CCS. **Urucum**. 2020. Disponível em: <https://hortodidatico.ufsc.br/urucum/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- JACTO. Confira como ocorre a evolução das ferramentas agrícolas! 2023. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/evolucao-ferramentas-agricolas/>. Acesso em: 01 set. 2023.

LORIO, Bruno. Automação no setor de alimentos e bebidas: mais eficiência e produtividade. **Mercado & Consumo** [online], 2023. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/16/08/2023/artigos/automacao-no-setor-de-alimentos-e-bebidas-mais-eficiencia-e-productividade/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

MARINS, Bianca Ramos; TANCREDI, Rinaldini C. P; GEMA, André Luís (Org.). **Segurança alimentar no contexto da vigilância sanitária: reflexões e práticas**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2014. Disponível em: https://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/seguranca_alimentar_vigilancia_0.pdf. Acesso em: 29 set. 2023.

MATTEDE, Henrique. Sensores indutivos: características e aplicações! **Mundo da Elétrica** [online], [2023]. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/sensores-indutivos-caracteristicas-aplicacoes/>. Acesso em: 07 set. 2023.

MATTEDE, Henrique. Como funciona o inversor de frequência. **Mundo da Elétrica** [online], [2023]. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-o-inversor-de-frequencia/>. Acesso em: 08 set. 2023.

MELO, Pâmella Raphaella. Motor elétrico. **Brasil Escola** [online]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/electricidade-acionamento-motores-eletricos.htm>. Acesso em: 08 set. 2023.

NEVES, Dayane. Como Baixar e Instalar Vijeo Designer Basic. **Inetec** [online], 2023. Disponível em: <https://inetec.com.br/como-baixar-e-instalar-vijeo-designer-basic/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

O QUE é CLP e quando utilizá-lo? **Altus** [online], [2017]. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/400/o-que-e-clp-e-quando-utiliza-lo-3f>. Acesso em: 08 set. 2023.

O QUE é e porque você deve utilizar uma IHM na sua aplicação. **Altus** [online], [2017]. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/360/o-que-e-e-porque-voce-deve-utilizar-uma-ihm-na-sua-aplicacao>. Acesso em: 08 set. 2023.

O QUE é uma célula de carga e como funciona? **Flintec** [online], 2023. Disponível em: <https://www.flintec.com.br/sensores-de-peso/celulas-de-carga/como-funciona-uma-c%C3%A9lula-de-carga>. Acesso em: 07 set. 2023.

O QUE é válvula pneumática? Conheça aqui! **PAHC Soluções em Automação Industrial** [online], 2021. Disponível em: <https://www.pahcautomacao.com.br/o-que-e-valvula-pneumatica-conheca-aqui/>. Acesso em: 08 set. 2023.

PEREIRA, Silvia Bruin (edit.). Automação em processos alimentícios: indústrias sinalizam tendência para modernização. **Revista Automação Mediaworld** [online], 2018. Disponível em: <https://revista-automacao.com/market-overview/15172-automac%C3%A3o-em-processos-aliment%C3%ADcios-ind%C3%BAstrias-sinalizam-tend%C3%AAndica-para-moderniza%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 31 ago. 2023.

PIRES, Marina Gagliardo. **Enriquecimento de norbixina por processos físico-químicos, a partir de bixina de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) e a avaliação da atividade antioxidante e antibacteriana *in vitro***. Dissertação (Mestre em Ciências – Microbiologia Agrícola) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-13032019-173209/publico/Marina_Gagliardo_Pires_versao_revisada.pdf. Acesso em: 27 ago. 2023.

ROURE, Marcel de. Sensor de Nível – saiba qual é o melhor para o seu processo. **Instrumentação e Controle** [online], 2021. Disponível em: <https://instrumentacaoecontrole.com.br/sensor-de-nivel-qual-e-o-melhor-para-o-seu-processo/>. Acesso em: 08 set. 2023.

SALINAS, Renan. Automação no Brasil: ainda precisamos superar muitos desafios. **Olhar Digital** [online], 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/06/17/colunistas/automacao-no-brasil-ainda-precisamos-superar-muitos-desafios/>. Acesso em: 01 set. 2023.