

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
Trabalho Final de Curso II

Leonardo Rocha Rodrigues

**AUTOMAÇÃO DE OPERAÇÕES EM UMA PEQUENA FÁBRICA DE
FERTILIZANTES À BASE DE CÁLCIO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho Final de Curso II como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira – Orientador. POLI-PUC Goiás.
Prof. Dr. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra – POLI-PUC Goiás.
Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros – POLI-PUC Goiás.

Goiânia, 17 de junho de 2024

AUTOMAÇÃO DE OPERAÇÕES EM UMA PEQUENA FÁBRICA DE FERTILIZANTES À BASE DE CÁLCIO: UM ESTUDO DE CASO

Leonardo Rocha Rodrigues, Bruno Quirino

Abstract— This article presents a case study on the automation of operations in a small calcium-based fertilizer factory. The objective is to address specific operational challenges, such as production efficiency, cost reduction, and quality enhancement. The methodology involved the careful selection of the factory and a detailed analysis of its operations. The automation implementation included the introduction of advanced technologies, such as automated control systems and smart sensors. The results highlighted significant improvements, such as increased efficiency, reduced operational costs, and enhanced fertilizer quality. The conclusion emphasizes the effectiveness of automation, providing recommendations for other companies in the industry to consider this approach. This study contributes to the literature on industrial automation, showcasing a practical application in a specific context. The research underscores the transformative potential of automation in small factories, offering relevant insights for professionals and academics interested in improving efficiency and sustainability in fertilizer production.

Keywords – Automation, Fertilizer Factory, Operational Efficiency, Environmental Sustainability

Resumo – Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a automação de operações em uma pequena fábrica de fertilizantes à base de cálcio. O objetivo é abordar desafios operacionais específicos, como eficiência de produção, redução de custos e aprimoramento da qualidade. A metodologia envolveu a seleção criteriosa da fábrica e a análise detalhada de suas operações. A implementação da automação incluiu a introdução de tecnologias avançadas, como sistemas de controle automatizado e sensores inteligentes. Os resultados destacaram melhorias significativas, como aumento da eficiência, redução de custos operacionais e aprimoramento da qualidade dos fertilizantes. A conclusão enfatiza a eficácia da automação, oferecendo recomendações para outras empresas do setor considerarem essa abordagem. Este estudo contribui para a literatura sobre automação industrial, apresentando uma aplicação prática em um contexto específico. A pesquisa destaca o potencial transformador da automação em pequenas fábricas, fornecendo insights relevantes para profissionais e acadêmicos interessados na melhoria da eficiência e sustentabilidade na produção de fertilizantes

Palavras-chave – Automação, Fábrica de Fertilizantes, Eficiência Operacional, Sustentabilidade Ambiental.

I. INTRODUÇÃO

A automação é um catalisador indispensável na indústria moderna, oferecendo vantagens que vão além do aumento da eficiência. Neste estudo de caso, exploramos a aplicação da automação em uma fábrica de fertilizantes líquidos de cálcio de pequena escala, destacando não apenas a importância da automação em toda a indústria, mas também a importância dos fertilizantes para o desenvolvimento saudável das plantas [1].

A automação é a pedra angular da revolução industrial em curso, permitindo que as indústrias otimizem processos e dimensionem a produção com maior precisão e consistência. A indústria de fertilizantes, em particular, depende fortemente da automação para satisfazer as necessidades crescentes de um planeta com uma população crescente [1].

O cálcio é um macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Desempenha um papel vital na formação da parede celular, na divisão celular e na ativação de enzimas críticas para a fotossíntese. A deficiência de cálcio pode levar a uma série de problemas, como fragilidade da estrutura da planta e redução da qualidade dos frutos. Portanto, a produção eficiente de fertilizantes ricos em cálcio é crucial para garantir a saúde das plantas e a produtividade agrícola [2].

Neste contexto, este estudo de caso visa aprofundar a compreensão dos benefícios inerentes da automação na indústria de fertilizantes, destacando como a automação pode melhorar a precisão de formulações de produtos ricos em cálcio, maximizando assim o potencial agrícola. Ao longo do caminho examinaremos questões-chave como eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade do produto final e seu impacto na saúde das plantas.

A relevância desta questão não pode ser subestimada, uma vez que as fábricas de fertilizantes de pequena escala desempenham um papel fundamental na distribuição de nutrientes essenciais aos agricultores locais e regionais. A automação pode ser a chave para sobreviver e prosperar num mercado competitivo e em evolução, ao mesmo tempo que desempenha um papel vital na promoção da produção de alimentos mais saudáveis e da agricultura sustentável.

A automação surge como uma solução promissora para otimizar a produção de fertilizantes em pequenas fábricas, aprimorando a eficiência, a qualidade e a viabilidade econômica. Através de uma análise abrangente, este estudo de caso tem como objetivo demonstrar a viabilidade da automação, considerando os benefícios em termos de redução de custos, melhoria da qualidade e aumento da produtividade. A metodologia envolve a análise da situação atual, a identificação de oportunidades de automação, a avaliação dos benefícios, a análise dos custos de implementação e a elaboração de um plano detalhado para a implementação. Os resultados esperados incluem uma avaliação completa da viabilidade da automação, um plano de implementação abrangente e uma conclusão sobre a viabilidade econômica da automação. Este estudo contribui significativamente para o conhecimento sobre a automação na indústria de fertilizantes, fornecendo informações valiosas para tomadores de decisão e servindo como referência para outras fábricas que buscam otimizar seus processos e fortalecer sua competitividade. A automação apresenta um grande potencial para transformar a indústria de fertilizantes, especialmente em pequenas fábricas, impulsionando sua eficiência, qualidade e sustentabilidade a longo prazo.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo dados do CEPEA em cooperação com o Ministério da Agricultura do Brasil, o agronegócio é considerado uma das indústrias mais dinâmicas e competitivas do mundo, desempenhando papel fundamental na economia brasileira e contribuindo com 27,4%, o maior índice em 17 anos, para o produto interno bruto (PIB).[5] Apesar desta conquista significativa, o crescimento modesto

de 8,36% em 2021 foi afetado pelas condições climáticas adversas e pelos preços elevados durante a colheita do ano passado. Um dos elementos-chave da indústria é o sector dos fertilizantes, cujo crescimento entre 2000 e 2015 impulsionou a produção alimentar do país. A interdependência entre os diferentes setores do agronegócio é evidente, mas desafios como os impactos climáticos e a volatilidade dos preços destacam a necessidade de estratégias eficazes para garantir um crescimento sustentável e resiliente neste importante setor da economia brasileira [1].

O avanço do setor do agronegócio exige desenvolvimento contínuo na adoção de tecnologias de ponta. Dado o aumento dos preços dos fertilizantes, as organizações devem investir continuamente na inovação para desenvolver novos produtos, serviços e processos. O sucesso deste empreendimento não só ajudará a atingir os objetivos de negócio, mas também aumentará a satisfação do cliente, aumentando assim os lucros e a rentabilidade da empresa [3].

Além disso, é necessário considerar as últimas previsões da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que indicam que a população mundial atingirá 9,1 mil milhões em 2050, em comparação com os 6,8 mil milhões atualmente. Isto representa um aumento de 34% nos próximos 35 anos. Por outro lado, o crescimento da área agrícola é limitado porque as florestas remanescentes no mundo são absolutamente vitais para a manutenção do clima da Terra. Portanto, é necessário manter e aumentar o rendimento das culturas, adotar tecnologias que permitam uma agricultura eficiente e sustentável, utilizar os fertilizantes de forma racional, alcançar a máxima eficiência e respeitar o meio ambiente, tal como acontece com os fertilizantes líquidos [2].

A ininterrupta modernização e automação dos sistemas de cultivo destacam a crescente importância da automação nas fábricas de fertilizantes líquidos como a solução de fertilização mais rentável. A demanda agrícola por novas tecnologias nos sistemas de irrigação e pela maximização da eficiência nos insumos nutricionais torna ainda mais crucial a presença de automação nas instalações de produção de fertilizantes líquidos. Isso não apenas atende às expectativas dos agricultores, mas também ressalta a necessidade de processos automatizados para garantir a eficácia, a sustentabilidade e a capacidade de resposta às demandas do setor agrícola moderno [2].

Uma definição abrangente de automação engloba um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de energia humana, tanto física quanto mental, por elementos eletromecânicos computáveis. Esse conceito amplo aplica-se a uma variedade de contextos, como a automação em processos industriais para otimizar a produção ou a implementação de sistemas robóticos em linhas de montagem. Os benefícios inerentes a qualquer processo de automação são evidentes, incluindo eficiência, segurança, redução de custos e aumento da produção [1].

A utilização de Controladores Lógicos Programáveis (CLP) representa uma abordagem altamente eficiente para a automação de fábricas. Esses dispositivos eletrônicos programáveis são projetados para simplificar e otimizar processos industriais, oferecendo uma interface de programação intuitiva. Com

a capacidade de serem programados de maneira lógica, os CLPs permitem a criação de sequências de operações, controle de variáveis e tomada de decisões em tempo real, adaptando-se facilmente às necessidades específicas de produção. Sua integração com sensores e atuadores possibilita um controle preciso e monitoramento em tempo real, contribuindo para uma automação eficaz [4].

A facilidade de implementação dos CLPs se destaca na sua adaptabilidade a diferentes cenários industriais, proporcionando aos operadores e engenheiros uma ferramenta acessível e poderosa para automatizar processos complexos. Sua confiabilidade e resistência em ambientes industriais tornam os CLPs uma escolha viável para melhorar a eficiência operacional, reduzir erros e promover uma automação abrangente em fábricas, impulsionando assim a produtividade e a qualidade dos processos industriais [4].

A implementação conjunta de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e um sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) oferece uma solução abrangente para a automação industrial em uma fábrica. O SCADA atua como um sistema centralizado de supervisão, permitindo o controle e monitoramento eficientes de processos. Ele proporciona uma interface intuitiva para os operadores interagirem com os CLPs, facilitando a programação, configuração e visualização em tempo real do estado da planta de produção [6].

Os benefícios dessa integração são significativos, incluindo a redução de custos operacionais, otimização de processos para eficiência energética, melhoria na qualidade do produto e maior flexibilidade na resposta a mudanças nas condições operacionais. A capacidade de análise de dados em tempo real oferecida pelo SCADA permite uma gestão mais informada, identificando padrões e tendências que podem levar a aprimoramentos contínuos nos processos industriais. Em conjunto, SCADA e CLPs fornecem uma abordagem holística para a automação, resultando em uma produção mais eficiente, ágil e adaptável [6].

III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação é uma peça fundamental para indústria, comércio e residências, pois suas diversas aplicações têm mostrado que é possível aumentar os benefícios em vários setores, como por exemplo: deixar o sistema mais eficiente, aumentar o conforto, falhas de equipamentos, maior economia etc.

O sistema de supervisão são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerencia as variáveis do processo. Estas informações são atualizadas continuamente e armazenadas em um banco de dados que pode ser local ou remoto.

É um software destinado a promover a interface homem/máquina, a fim de proporcionar uma supervisão plena do processo através de telas devidamente configuradas. [8]

Através do sistema supervisório é possível definir/monitorar os diversos parâmetros necessários para o bom funcionamento da planta sem precisar acessar o CLP diretamente. A interligação entre o sistema supervisório é feita através de um cabeamento (par trançado, com dois cabos para comunicação) que utiliza a norma TIA/EIA 485 (conhecida como RS485) que define os esquemas de transmissão de dados balanceados em longas distâncias (1200 metros) e em ambientes ruidosos.

A adoção de um condutor adicional para interligação do comum de todos os dispositivos da rede é altamente recomendada.

A norma RS485 é capaz de interligar até 32 unidades de carga (15k Ω). Normalmente, um dispositivo transmissor/receptor corresponde a uma unidade de carga. Com a utilização do RS485, em um determinado instante de tempo, somente um dispositivo pode transmitir o que caracteriza esta rede como half-duplex. [8]

Um ponto importante para o correto funcionamento da rede de automação (bus de comunicação) é a topologia da rede. Enquanto a velocidade for relativamente baixa e as distâncias curtas, a influência da topologia da rede em seu desempenho não é significativa. Quando os efeitos de linhas de transmissão começam a aparecer, há apenas uma topologia simples que permite gerenciar estes efeitos (reflexões causadoras de erros de comunicação) a topologia daisy chain, apresentada na Figura 1.

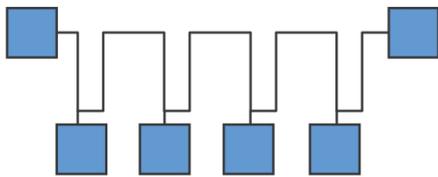


Figura 1 - Topologia de rede Daisy Chain.

Fonte: [8]

No bus de comunicação há a necessidade de se colocar resistores de terminação, previstos na teoria de comunicação. A correta terminação atenua reflexões que distorcem os dados transmitidos, aumentando os limites de velocidade e/ou comprimento da rede. Os resistores devem possuir um valor igual à impedância característica da linha, ou seja, em torno de 120 ohms (impedância característica de um par trançado)[9].

A comunicação entre o sistema supervisão e todos os equipamentos da rede de automação só é possível devido à existência do protocolo de comunicação, que é um conjunto de regras pré-definidas com o intuito de garantir uma comunicação confiável e precisa entre os equipamentos envolvidos.

A norma RS485 (define a interface elétrica) não define qual o protocolo a ser utilizado para a comunicação dos dados, mas é adotada como especificação da camada física de diversos protocolos, como, por exemplo, Modbus, Profibus, DIN-Measurement-Bus, BACnet, etc.[9]

O meio físico pode ser o Ethernet (padronizada pelo IEEE como 802.3). Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, em formato de pacotes e protocolos para a subcamada de controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC) do modelo OSI.

Um esquema conhecido como Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) organiza a forma como os equipamentos compartilham o canal. Utiliza-se também o par-trançado. Existem várias categorias de cabos de par trançado, cada uma com diferentes especificações de velocidade e alcance. Surgindo assim as categorias, como por exemplo CAT5e, CAT6, CAT6a, CAT7, etc. A topologia da rede pode ser estrela, malha, barramento, anel ou híbridas. Cada uma com vantagens e desvantagens. Protocolos baseados no

Ethernet são Profinet, OPC UA, EtherCAT, Modbus TCP, etc.

IV. ESTUDO DE CASO

A fábrica objeto deste estudo de caso é a MH-BIOAGRO FERTILIZANTES, uma escolha criteriosa que se alinha perfeitamente aos objetivos da análise. Trata-se de uma empresa em ascensão, notável por sua postura inovadora e pelo compromisso em investir em tecnologias que respaldem seu crescimento exponencial. Localizada estrategicamente na cidade de Anicuns, a apenas 70 quilômetros de Goiânia, a empresa se destaca por ser uma referência na produção de um produto pioneiro no Brasil: o primer fertilizante de cálcio líquido, denominado "ONLY-CA". Vale ressaltar que essa fórmula exclusiva é importada diretamente da Espanha, onde já consolidou sua eficácia ao longo de vários anos.

Além da inovação em produtos, a MH-BIOAGRO FERTILIZANTES vem desempenhando um papel estratégico no mercado regional, atendendo a uma ampla base de agricultores e produtores não apenas na localidade, mas também em estados circunvizinhos. Atualmente, a capacidade de produção da fábrica alcança 10 toneladas de fertilizantes por semana, o que se traduz em um possível atendimento de aproximadamente 250 hectares. Essa limitação revela um potencial significativo de expansão e indica a relevância da empresa como um agente catalisador do desenvolvimento agrícola na região.

No momento, a fábrica em análise adota uma disposição específica para a execução do fluxo de processos. Essa organização compreende três zonas de trabalho, sendo cada uma responsável por uma etapa fundamental na produção do produto. A Figura 2, ilustra claramente a localização de cada zona, evidenciando como essa distribuição espacial é estratégica para a conclusão eficiente do processo.



Figura 2. Localização das zonas de processo – Fonte: O Autor

A Zona 1 é dedicada à dosagem dos ingredientes, e atualmente, esse processo é conduzido manualmente pelos colaboradores. Durante a operação, os químicos são despejados em baldes, e o controle é realizado com base no peso específico de cada componente. No caso dos químicos líquidos, é empregada uma bomba de óleo para facilitar a

extração dos conteúdos de seus recipientes. A figura 3, ilustra como a pesagem dos baldes é conduzida, proporcionando uma visão clara da dinâmica de trabalho nessa zona específica.



Figura 3. – Zona 2-Pesagem dos baldes - Fonte: O Autor

A Zona 2 é dedicada à etapa central do processo de fabricação do fertilizante. Nessa área, 300 litros de água são adicionados à bateadeira, seguidos pelo despejo manual de todos os químicos dosados na Zona 1. Após garantir a homogeneidade da mistura, os 500 quilos de cálcio são introduzidos manualmente, acompanhados por mais 100 litros de água. A bateadeira, então, aumenta sua velocidade, impulsionada por um motor elétrico controlado por um inversor de frequência, e continua a bater o produto por 40 minutos, alcançando o ponto ideal. A figura 4, proporciona uma visão do funcionamento da bateadeira nessa fase crucial do processo de fabricação.



Figura 4. Zona 2 – Bateadeira – Fonte: O Autor

Após a conclusão dos processos na Zona 2, com o auxílio de uma bomba pneumática, o produto é

transferido para a Zona 3. Nessa etapa, o produto é armazenado em um tanque elevado, cujo propósito é facilitar o envase. Assim que todo o produto é transferido para o tanque elevado, os colaboradores iniciam o processo de envase. Atualmente, o produto é acondicionado em sacos plásticos especiais para químicos, com capacidade para 10 quilos. A figura 5, ilustra o procedimento de envase e dosagem. Após o envase e a devida pesagem, cada saco é armazenado em uma caixa especial que exibe informações cruciais do produto, como lote, data de vencimento, ingredientes e instruções de aplicação.



Figura 5. Zona 3 – Procedimento de envase – Fonte: O Autor

V.IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO

Compreendendo todo o mecanismo operacional da fábrica, é viável conceber um plano para a completa automatização de suas operações. A divisão da fábrica em distintas zonas não é um empecilho, graças ao poder das tecnologias atuais, que permitem a integração de todos os estágios processuais, possibilitando a execução automática dos passos em sequência apropriada, conduzindo ao produto final de forma mais exata, rápida e econômica.



Figura 6. Fluxograma do processo de fabricação antes da automação - Fonte: O Autor

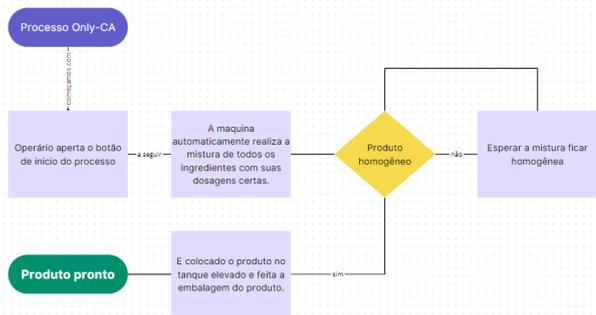


Figura 7. Fluxograma do processo de fabricação depois da automação - Fonte: O Autor

Nas Figuras 6 e 7, observa-se uma comparação detalhada entre o processo de produção em uma fábrica sem automação e com automação. Na Figura 6, que representa o processo sem automação, percebe-se claramente que este método demanda mais tempo e está mais sujeito a erros humanos. A alta intervenção manual torna o processo não apenas mais demorado, mas também menos preciso. Em contraste, a Figura 7 ilustra um processo automatizado, no qual a intervenção humana é eliminada, evitando assim os tipos de erros associados à operação manual. Nesse modelo de produção automatizado, os colaboradores assumem um papel de supervisão, limitando-se a monitorar o desempenho das máquinas e assegurando-se de que estas executem as tarefas corretamente.

Recomenda-se, para tal projeto, a adoção de um Controlador Lógico Programável (CLP) SIMENS S7-1200 devido ao seu ótimo retorno custo-benefício, contribuindo para a otimização do orçamento destinado à automação. O equipamento pode resultar em economias notáveis, em termos de tempo, energia e materiais, assegurando um retorno do investimento de maneira veloz. Ademais, o mencionado CLP dispõe de processamento célere, garantindo respostas imediatas e precisão no controle dos procedimentos fabris, além de uma programação intuitiva e uma comunicação versátil, facilitando sua implementação. Seu design compacto e capacidade de expansão são vantagens aditivas, considerando possíveis futuras expansões sem a necessidade de aquisição de um novo CLP.

Para a automatização da Zona 1, sugere-se o emprego válvulas de acionamento elétrico 1.5" BERMAID com sensores de fluxo 1.5" SIMOKIT para dosagem de líquidos e implementar a célula de carga HBM PW29 sob o misturador e, desconsiderando seu peso, efetuar a dosagem dos ingredientes seria a abordagem mais eficaz. Revela-se aconselhável usar uma válvula e um sensor distintos para cada tipo de ingrediente líquido, e um sensor de nível ultrassônico VEGAPLUS 6X para manter o controle do volume de ingredientes, a fim de informar sobre a capacidade de produção remanescente e o momento apropriado para a aquisição de novos insumos.

A integração das Zonas 1 e 2 resultará em uma única zona, considerando que a dosagem completa poderá ser

executada diretamente no misturador, simplificando o processo e agilizando a produção. O CLP coordenará o acionamento das válvulas em ordem predeterminada para manter a uniformidade do processo, resultando em um produto final constante e eliminando a possibilidade de falhas humanas. Utilizando uma Interface Homem-Máquina (IHM), o CLP informará sobre o estágio atual do processo e, em caso de erro ou necessidade de intervenção humana, permitirá uma resolução eficiente.

Para a Zona 3, projetou-se um sistema de esteira que transportará sacos vazios até o ponto de enchimento, seguindo-os para a área de armazenamento. Um sensor de presença, como o fotoelétrico Banner Q4X, identificará os sacos na esteira, assegurando a sincronização adequada do procedimento de enchimento. A célula de carga HBM PW6D irá monitorar o peso do fertilizante em cada saco em tempo real, assegurando a exatidão na dosagem e prevenindo erros de peso. Além disso, um Sensor de nível ultrassônico VEGA VEGAPULS 6X vigiará o nível do tanque de estocagem, evitando superlotações e garantindo a disponibilidade do produto.

Será prescindível também estabelecer um sistema de controle centralizado, sendo o software SCADA considerado adequado por ser uma plataforma sólida e adaptável para o monitoramento e controle em tempo real da fábrica, otimizando processos e fornecendo percepções fundamentais para tomadas de decisão. A implementação de uma Rede de comunicação industrial, como Profinet ou EtherNet/IP, é recomendada para garantir uma interligação confiável e rápida entre CLPs, sensores e outros dispositivos, assegurando a eficiência e segurança na comunicação fabril.

EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	PREÇO	QUANTIDADE	TOTAL
CLP	SIMENS S7-1200	R\$ 4.000,00	1	R\$ 4.000,00
Células de carga	HBM PW6D	R\$ 483,00	1	R\$ 483,00
Células de carga	HBM PW29	R\$ 7.400,00	1	R\$ 7.400,00
válvulas de acionamento elétrico	Válvula Elétrica 1.5" (40mm) Mod. 211-en (bsp) Normalmente Fechada - Bermad	R\$ 555,00	8	R\$ 4.440,00
sensores de fluxo	Sensor De Fluxo 1.5 Polegadas 5-150lpm - Simokit	R\$ 317,00	8	R\$ 2.536,00
sensor de nível ultrassônico	VEGAPLUS 6X	R\$ 6.600,00	9	R\$59.400,00
sensor de presença	fotoelétrico Banner Q4X	R\$ 433,00	1	R\$ 433,00
SISTEMA DE ESTEIRA	A desenvolver	R\$20.000,00	1	R\$20.000,00
			TOTAL	R\$98.692,00

Tabela 1. – Custo de implementação da automatização – Fonte: o Autor

A Tabela 1 apresenta o custo total da aquisição de todos os componentes necessários para a automatização da fábrica. No entanto, esta tabela de custos não especifica os gastos associados à adaptação e instalação dos equipamentos na fábrica, nem inclui os custos dos novos tanques e tubulações requeridos para essa atualização. Para esta aplicação se recomenda o uso de um sistema supervisão SCADA com código aberto, desta maneira não haverá um aumento no preço desta implementação. Estima-se que o custo total seja em torno de 250 mil reais, considerando o alto custo dos metais e da mão de obra necessária.

Para uma fábrica deste porte, é crucial avaliar a necessidade deste investimento, comparando os benefícios e os desafios associados à implementação da automatização. Além disso, é fundamental verificar se a fábrica possui um faturamento suficiente para cobrir os custos e ainda obter lucro. De acordo com os dados apresentados pela fábrica, os quais não me são permitidos divulgar, se calcula um payback de 6 a 9 meses.[10]

Após a realização de várias simulações, podemos afirmar

que a automatização resultará em um aumento significativo da produtividade da fábrica, duplicando a capacidade atual. Isso significa que, mantendo apenas os dois funcionários atuais, a produção, que atualmente é de 2 toneladas por dia, deverá aumentar para 4 toneladas diárias. Este é outro aspecto importante a ser considerado pela fábrica: a demanda de mercado é suficiente para justificar este aumento na produção? Se a resposta for afirmativa, a implementação da automação se apresenta como a maneira mais eficaz de atender a essa demanda crescente.

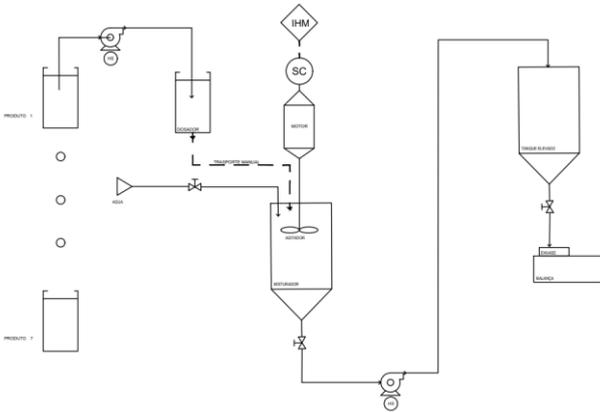


Figura 8. Fluxograma da operação atual- Fonte: O Autor

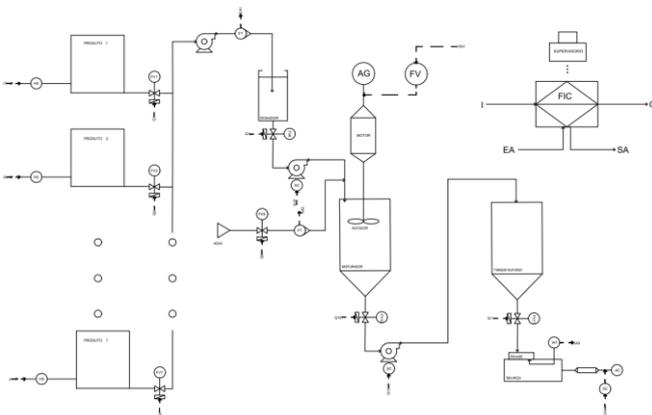


Figura 9. Fluxograma de operação proposto- Fonte: O Autor

O fluxograma apresentado na Figura 8 ilustra a atual configuração de conexão da fábrica. Nele, é possível observar todo o processo manual envolvido na dosagem e no envase dos produtos, evidenciando a complexidade e a demora inerentes a tais atividades. Em contraste, a Figura 9 apresenta o fluxograma proposto após a implementação da automação. Nesta configuração, o processo ocorre sem a necessidade de envolvimento humano, tornando-se, assim, mais rápido e preciso. Dessa forma, demonstra-se que, com um investimento relativamente modesto, é possível transformar a fábrica em uma potência regional.

A implementação da automação na fábrica resulta em um produto final de maior qualidade e menor custo de produção por várias razões. Primeiramente, a precisão e consistência dos processos automatizados minimizam erros humanos e variações na produção, enquanto os sistemas de controle de qualidade garantem a conformidade com padrões rigorosos. A detecção antecipada de defeitos e a padronização dos processos

reduzem significativamente a incidência de defeitos, resultando em produtos mais uniformes e de alta qualidade. Em termos de custos, a automação aumenta a eficiência operacional ao permitir maior velocidade e produtividade, reduzindo a necessidade de mão de obra e, conseqüentemente, os gastos com salários e benefícios. Além disso, a otimização de recursos, como a redução de desperdício de materiais e o uso mais eficiente de energia e insumos, contribui para a diminuição dos custos operacionais. Sistemas de manutenção preventiva em máquinas automatizadas ajudam a evitar paradas inesperadas e prolongam a vida útil dos equipamentos, reduzindo despesas com reparos e substituições. Dessa forma, a automação não apenas aumenta a produtividade e melhora a qualidade dos produtos finais, mas também torna a fábrica mais competitiva ao reduzir os custos de produção.[11]

VI. CONCLUSÃO

Este estudo de caso demonstra de forma clara e convincente que a automação em uma pequena fábrica de fertilizantes à base de cálcio é uma estratégia eficaz para superar desafios operacionais e impulsionar o sucesso empresarial. Ao otimizar a eficiência da produção, reduzir custos e elevar a qualidade do produto final, a implementação de tecnologias avançadas, como sistemas de controle automatizados e sensores inteligentes, gera resultados substanciais e duradouros.

A metodologia robusta e abrangente deste estudo, aliada à criteriosa seleção da fábrica como modelo e à análise detalhada de suas operações, reforça a viabilidade e a eficácia da automação neste contexto específico. Os resultados positivos, como o aumento da eficiência e a redução significativa de custos, demonstram inequivocamente a viabilidade e os benefícios tangíveis da automação para pequenas fábricas de fertilizantes.

Com um custo de implementação relativamente baixo e uma expectativa de retorno do investimento entre 6 e 9 meses, a automação se torna uma opção extremamente atraente para a maioria das empresas em situações similares. A conclusão deste estudo destaca o valor estratégico da automação e oferece recomendações valiosas para que outras empresas do setor considerem essa abordagem inovadora e transformadora.

Este estudo contribui significativamente para a literatura sobre automação industrial ao fornecer uma aplicação prática que destaca o potencial transformador da automação em pequenas fábricas. Ao demonstrar como a automação pode otimizar a produção de fertilizantes, promovendo eficiência e sustentabilidade, este estudo abre caminho para pesquisas futuras e para a adoção mais ampla da automação em diversos setores industriais.

VII.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, D. Automatização de indicador em tempo real utilizando a ferramenta de business intelligence: um estudo de caso em uma empresa de fertilizantes da região sul do Brasil. 2022. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/30733/1/11.29%20Daiane%20de%20Oliveira%20Pereira%2020221128_V10.pdf Acesso em: 14 ago. 2023.
- [2] IBAÑEZ, D. Diseño de una planta de producción de fertilizantes NPK líquidos con una producción de 300 Tm/día situada en el polígono industrial ‘‘El

Tossalet'' de Bèlgida. 2017

- [3] MEDINA, G. S. Economia do agronegócio no Brasil: participação brasileira na cadeia produtiva da soja entre 2015 e 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/8521>> Acesso em: 14 ago. 2023.
- [4] CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. 2017. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11814>> Acesso: 13 ago. 2023.
- [5] CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do agronegócio cresceu abaixo das projeções. [S. l.], CEPEA; CDA, 2022. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_PIB_JAn_Dez_20_21_Março2022.pdf. Acesso em: 15 set. 2023
- [6] SANTOS, F; MARINATO, M; SANTOS, W. Utilização de um sistema Supervisor na usina fotovoltaica. 2021. Disponível em: https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3885/1/Sistema%20Supervis%c3%b3rio%20_Artigo_2021_2.pdf Acesso em: 15 set. 2023
- [7] PEREIRA, Jaylton Alencar. Comunicação bidirecional entre CLP e aplicativo móvel para automação de processos industriais. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50265> Acesso em: 15 set. 2023
- [8] MORAES, C. C. CASTRUCCI PL. Engenharia de Automação Industrial. – Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- [9] PERRIM, B. The Art and Science of RS-485. – Circuit Cellar Magazine, Jul 1999.
- [10] COSTA, R. A.; SANTOS, J. P.; LIMA, F. T. Benefícios do investimento em automação no processo de fabricação. 2018. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/download/200/191> Acesso em : 15 set. 2023.
- [11] BENITEZ, G.; FIALHO, F. A. P.; PRADELLA, M. P. O impacto da Indústria 4.0 no modelo de negócios de empresas de automação brasileiras. Revista Eletrônica Gestão & Saúde, v. 9, n. 4, p. 3246-3271, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328171990_O_impacto_da_Industria_40_no_modelo_de_negocios_de_empresas_de_automacao_brasileiras. Acesso em: 17 mar. 2023.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1089 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3948.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

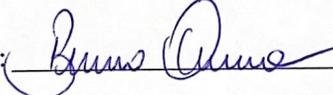
Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Leonardo Rocha Rodrigues
do Curso de Eng. de Controle e Automação, matrícula 20212.0118.0007.6,
telefone: (62) 99208 7690 e-mail leos98411@gmail.com,
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Automação de operações em uma pequena fábrica de fertilizantes à base de cálcio, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 17 de Junho de 2024.

Assinatura do autor: 

Nome completo do autor: Leonardo Rocha Rodrigues

Assinatura do professor-orientador: 

Nome completo do professor-orientador: Bruno Quirino de Oliveira