



ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA AUTOMAÇÃO DE UM PROCESSO DE DESLINTAMENTO DE CAROÇO DE ALGODÃO

Matheus F. Silva*¹, Bruno G. G. L. Z. Vicente¹, Olívio C. N. Souto¹, Willian M. Leão¹

¹NUPSOL – Núcleo de Pesquisa e Inovação em Fontes Renováveis de Energia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Campus Itumbiara

Resumo - O presente trabalho apresenta o planejamento de um sistema de automação para o setor de deslincamento de uma fábrica que processa caroço de algodão. O deslincamento trata-se de um processo contínuo, onde os grãos são preparados para a produção de óleo vegetal, farelo, linter e hull fiber. As etapas do projeto serão descritas, desde os levantamentos preliminares na fábrica, passando pela concepção dos requisitos da proposta, orçamentos de instrumentação, instalação e startup, para então finalizar com uma análise de viabilidade tanto técnica quanto econômica, que mostrará quais ganhos serão obtidos com a implantação da automação e se o custo associado a esses ganhos será considerado praticável.

Palavras-Chave - automação, deslincamento, instrumentação, processo contínuo, viabilidade.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL FEASIBILITY OF A COTTONSEED DELINTING PROCESS AUTOMATION

Abstract - The present work shows the planning of an automation system for a delinting sector of a factory that processes cottonseed. The delinting is a continuous process, where the grains are prepared for the production of vegetable oil, bran, linter and hull fiber. The steps of the project will be described, from the preliminary surveys in the plant, through the design of the requirements of the proposal, instrumentation, installation and startup budgets, to finish with a technical and economic feasibility analysis that will show what gains will be obtained with the deployment of automation and whether the cost associated with those gains will be considered feasible.

Keywords - automation, continuous process, delinting, instrumentation, viability.

I. INTRODUÇÃO

A Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, trouxe algumas inovações, as quais vieram a substituir a manufatura pela maquinofatura, o que propiciou a produção em massa, o

surgimento do capitalismo e a ampliação dos mercados consumidores.

Há atualmente um mercado consumidor exigente, que demanda a crescente produção de bens materiais melhores e mais baratos [1]. Esse contexto conduz a necessidade de um parque industrial eficiente, capaz de produzir mais com menos, um cenário desafiador de redução de desperdícios e gastos.

Assim, muitas empresas buscam a automação, com a finalidade de reduzir a intervenção humana no processo, agregar segurança à operação, qualidade com a padronização da produção, maior disponibilidade entre manutenções e redução de perdas.

No âmbito da gestão, os colaboradores têm maior autonomia e podem deixar de realizar tarefas não ergonômicas e muito repetitivas para serem direcionados a detalhes que antes não tinham tempo para se atentarem [2]. Nessa conjuntura, surge outro aspecto da automação, que são as redes industriais, as quais permitem economia com cabeamento, maior flexibilidade para expansão de atuadores, módulos e sensores [3].

Este trabalho consiste em elaborar um projeto de automação e seu respectivo orçamento para o setor de deslincamento de uma indústria que produz derivados de caroço de algodão. O processo em questão sofre atualmente com paradas de manutenção não programadas, desperdício de matéria-prima e de energia, fatores que impedem o cumprimento das metas da empresa. Algo agravante é o fato de a matéria-prima de todos os produtos da fábrica passarem pelo deslincamento, assim o mau funcionamento desse setor interfere em toda a produção.

A área da fábrica abrangida pelo trabalho em questão possui operação completamente manual, portanto exige grande quantidade de operadores para seu funcionamento. A operação manual e o grande número de máquinas reduz a eficiência do processo, aumenta o custo operacional e dificulta o controle. Essas questões justificam um potencial para o estudo de viabilidade da implementação de uma automação.

Para atingir o objetivo de planejar um projeto de automação industrial, foi preciso, primeiro, entender as condições de funcionamento do deslincamento, depois interagir com os operadores do setor cuja experiência contribuiu no direcionamento da solução proposta, por fim foi definida a viabilidade do projeto.

*matheusferreira.s@hotmail.com

II. O PROCESSO INDUSTRIAL

O algodão chegou ao Brasil no período colonial, atualmente, o país é um dos maiores produtores dessa oleaginosa [4]. Seu principal produto é a pluma, composta das fibras mais longas que cobrem a semente, majoritariamente destinada à indústria têxtil.

Removidas as fibras, resta o caroço nu, o qual pode ser industrializado para diversas aplicações. Nenhuma parte do fruto do algodoeiro é desperdiçada [5].

A indústria onde esse trabalho foi realizado recebe o caroço desplumado (Figura 1) e o beneficia para a venda de línter (fibra residual que protege a semente), óleo vegetal (obtido da polpa por prensagem e extração química), borra de óleo (resíduo da centrifugação do óleo) e farelo (resíduo da extração do óleo) para alimentação animal.

Figura 1: Caroço de algodão com línter.

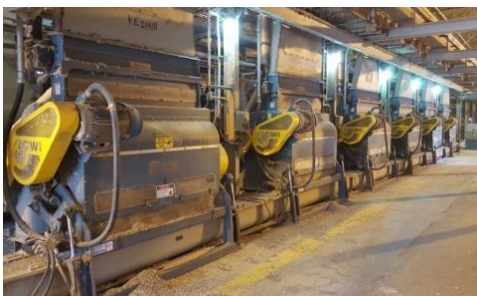


A. Funcionamento do Setor

O deslintamento é dividido conforme o fluxo produtivo nas seguintes etapas:

- Pré-limpeza: é o primeiro subsetor do deslintamento, que tem a função de eliminar impurezas dos grãos recebidos pela empresa. Essa etapa conta com uma balança de fluxo, utilizada como o único referencial de moagem da empresa, que possui a meta de processar 489 toneladas por dia.
- Deslintamento mecânico: nessa etapa, deslintadeiras (Figura 2) são utilizadas para arrancar o línter do caroço, de modo a garantir que o residual na semente esteja entre 9% e 10,5%. As fibras arrancadas possuem alto valor comercial e têm o mercado internacional como principal destino. Para ser reconhecido como de alta qualidade, o línter precisa ter no mínimo 75% de celulose, porém abaixo de 70% nem é possível vendê-lo.

Figura 2: Deslintadeiras.



- Decorticação: nesse ponto as sementes deslindadas são descascadas, por conseguinte as cascas (em outro setor são misturadas ao farelo para regular os níveis proteicos desse produto) são separadas das amêndoas (serão prensadas para produzir óleo vegetal em outro setor da fábrica).
- Desfibramento: em desfibradeiras, a casca com línter residual é processada para a obtenção de casca preta e *hull fiber* (fibra da casca). Esse último não possui valor comercial, mas pode ser utilizado para alimentar caldeiras que queimam em suspensão.
- Prensagem: duas prensas hidráulicas, cada uma com a capacidade de prensar de 6 a 8 fardos por hora, são utilizadas para prensar línter e *hull fiber* separadamente, mas ambos em fardos de 200kg.

B. Aspectos Funcionais, de Segurança e Conservação

No deslindamento, um operador e dois auxiliares cuidam exclusivamente da prensagem. Os outros seis colaboradores (dois operadores e quatro auxiliares) controlam os mais de duzentos equipamentos do setor manualmente, através de 17 painéis de botoeiras e 2 IHMs (interfaces homem-máquina).

As ações manuais só alteram uma variável quando são visualizados os desdobramentos do estado atual dessa, o que implica na falta de precisão no processo. O ideal seria que o maquinário estivesse pronto para responder instantaneamente a um problema, o que poderia ser alcançado por um projeto de automação.

É comum o transbordamento de material das máquinas, como mostra a Figura 3. Todos os dias são recolhidos aproximadamente 1800 litros de matéria-prima que cai no chão e fica exposta a sujeira, graxas e pisoteamento.

Figura 3: Sujeira proveniente de transbordamentos.



Um desdobramento da contaminação da matéria-prima é a queda de qualidade do produto final, como no caso do línter, que tem como principal impactante a sujeira.

Outra fonte de muita sujeira é o pó, que apesar de ser intrínseco ao processo, é proveniente principalmente da prensagem de *hull fiber*.

As fibras em suspensão oferecem riscos à segurança e à conservação do patrimônio da empresa, uma vez que foram observados os seguintes problemas:

- Muita poeira dentro dos centros de controle de motores;
- Alguns contadores têm dificuldade para atracar seus contatos sujos. No caso, algumas fagulhas são suficientes para incendiar o local;

- As passagens de ar de grande parte dos motores e as suas carcaças ficam obstruídas por pó e sementes, causa da queima prematura de máquinas.

No âmbito das normas regulamentadoras de segurança, percebeu-se que alguns equipamentos com os quais os operadores possuem contato táctil frequente não têm dispositivos para parada de emergência, uma inconformidade com o item 12.56 da NR 12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos) [6], que diz:

“12.56 As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.”

As normas regulamentadoras são de observância obrigatória por parte das empresas e seus colaboradores. Acidentes causados por não alinhamento às normas são potenciais derrotas em causas trabalhistas e possibilidades de interdição da empresa.

III. PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO

A. Planejamento do Projeto de Automação

No ambiente industrial, exige-se um planejamento minucioso da automação, com o intuito de garantir a confiabilidade, a produtividade e a segurança. Para conseguir propor uma gestão precisa do projeto, foi adotado um plano diretor, como sugere [3], caracterizado por algumas etapas, que são:

- Escopo: tem início com a identificação dos objetivos principais do projeto, também inclui a especificação e a quantificação de todos os equipamentos que comporão a solução;
- Especificação: são levantados os dados do processo;
- Desenvolvimento: consiste na elaboração das telas dos sistemas de supervisão, na programação do CLP (controlador lógico programável) e na disponibilização de manuais;
- Testes integrados: são simulações feitas para verificar o funcionamento das linhas de programação antes que essas sejam gravadas no CLP;
- Implantação: contempla a *start up*, a fase de operação assistida e o aceite pelo contratante.

O foco do trabalho são as etapas de escopo e especificação, as outras foram orçadas em empresas terceirizadas bem estabelecidas no mercado, as quais poderão dar mais confiabilidade a essas fases, devido à sua experiência.

Ao longo de aproximadamente dois meses, foram realizadas várias visitas ao setor de deslincamento, para coletar informações sobre o fluxo produtivo do ponto de vista dos colaboradores e observar os equipamentos e suas respectivas funções.

As informações coletadas em levantamentos de campo (motores, equipamentos e *tags*) foram reunidas em planilhas eletrônicas, úteis para quantificar a instrumentação.

Uma vez que se conhece o processo e seu maquinário, tem início a etapa de descrição do sistema dinâmico industrial, na qual serão transmitidas graficamente as informações através de símbolos padronizados, que mostram as relações funcionais entre os componentes do processo.

Os recursos utilizados para representar o processo foram um diagrama de blocos e um diagrama de fluxo de processo, sendo esse último de fácil entendimento para quem não conhece o processo, já que mostra todas as operações da planta, inclui todos os equipamentos representados por símbolos gráficos que os diferenciam, além disso, identifica os produtos, subprodutos e matérias-primas.

Como alguns fornecedores não têm disponibilidade para visitar a planta, esses farão suas propostas comerciais com base nas informações recebidas, daí parte a importância dos levantamentos e dos diagramas do processo.

As conversas rotineiras com o pessoal de manutenção e de produção, juntamente aos levantamentos feitos, permitiram definir a função do projeto de automação. Essa função é transformar o caroço de algodão, nos mesmos produtos que já são fabricados atualmente, no entanto, com o benefício de eliminar os problemas com embuchamentos, alimentação descontrolada e derramamentos. Além disso, garantir a padronização da qualidade da produção.

B. Hardware Proposto

Para eliminar os problemas do deslincamento e facilitar a sua operação, o projeto de automação exige o uso de diversos aparatos, desde sensores, transdutores, atuadores, até um CLP e elementos de rede. A discriminação desses dispositivos exige conhecimentos de vários campos da engenharia [7].

Como recursos de segurança para atender às normas vigentes, serão utilizadas trancas magnéticas para regular a abertura e o fechamento de proteções que possam oferecer riscos, além de botões de emergência que terão redundância com relés de segurança.

Para identificar a posição de atuadores, prevê-se a instalação de sensores magnéticos. Com função parecida, que consiste em comutar um contato elétrico, chaves fim de curso são propostas para a detecção de desalinhamentos e de abertura de máquinas.

O que diferencia um sensor comum de um transmissor é que o primeiro apenas detecta uma variável física e a converte em um sinal não padronizado, enquanto o segundo transforma algo medido em um sinal normalizado [7].

A automação do deslincamento fará o uso de alguns transmissores de saída 4 a 20 mA, com o desígnio de medir nível, corrente elétrica e massa, a fim de interpretar os sinais de uma célula de carga, detectar o carregamento de motores, e conhecer os níveis dos silos e, com a interpretação desses sinais no CLP, controlar a velocidade dos diferentes fluxos de alimentação dentro do setor.

Com a ideia de detectar partes metálicas, foram especificados sensores indutivos, os quais são sensíveis a objetos metálicos em contato com o campo eletromagnético gerado em sua face [1], esses são previstos em aplicações de leitura de movimento de rotores, detecção de desalinhamento de eixos e identificação de janelas de inspeção abertas ou fechadas em algumas máquinas.

Parecidos com os sensores indutivos, serão aplicados controladores de velocidade, que possuem a capacidade de avaliar a velocidade dos pulsos lidos, com a possibilidade de operação em um modo janela, que significa comutar um

contato elétrico caso a velocidade lida esteja acima ou abaixo dos valores especificados pelo usuário.

Para o monitoramento da planta será utilizado um supervisório, que centralizará em um microcomputador todas as ações de controle e os indicadores de produção. Com a finalidade de comunicar os instrumentos de campo ao controlador, serão utilizadas remotas com a tecnologia IO-Link, que por sua vez estabelecerão conexão com o CLP e com o supervisório com através do protocolo Profinet, em uma topologia tipo anel semelhante à que é mostrada na Figura 4.

O CLP especificado foi o S7-1500 (Figura 5), modelo 1513-1PN. A capacidade do equipamento de funcionar diretamente com o protocolo Profinet, sua potencialidade para expansão e a garantia de peças sobressalentes por no mínimo dez anos foram fundamentais para sua escolha. Não serão utilizados cartões, a conexão será feita diretamente com o nível de campo via TCP/IP.

Figura 4: Topologia do projeto.

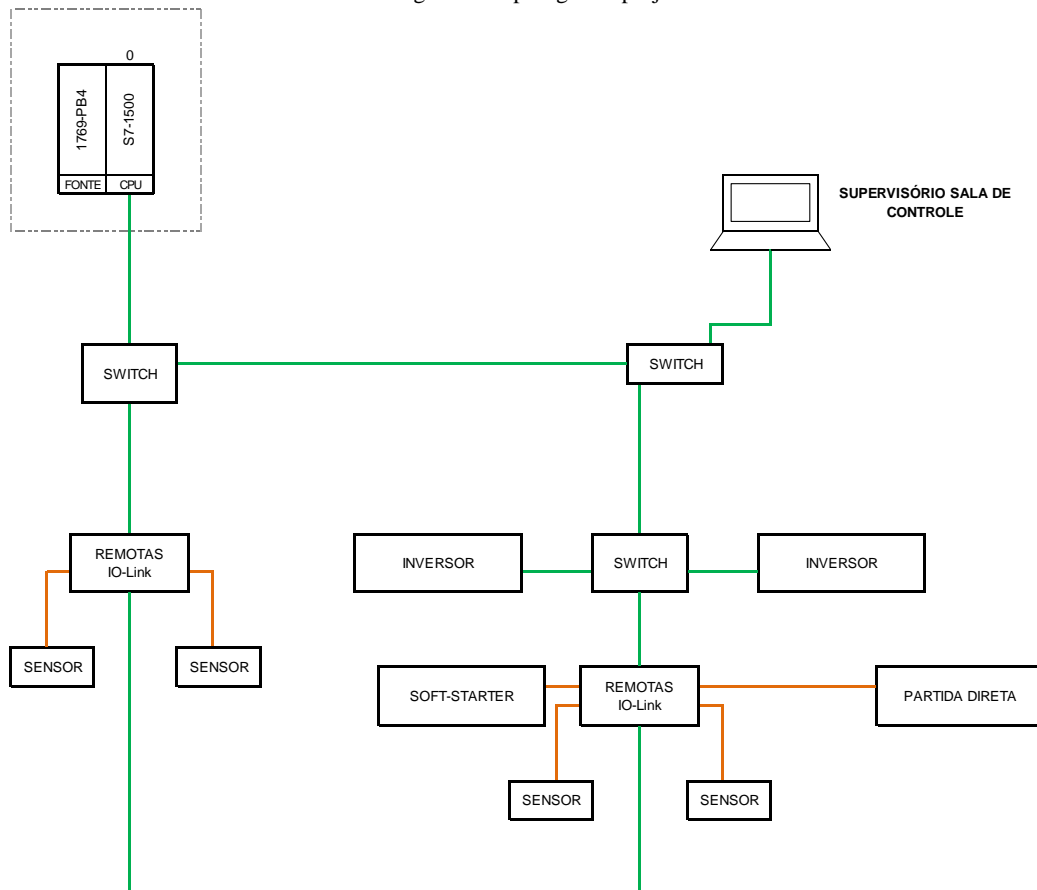


Figura 5: CPU 1513-1PN.

A vantagem das remotas IO-Link especificadas é que elas dispensam o uso de *gateways*, pois convertem internamente os sinais recebidos para o protocolo Profinet, além de poderem ter suas portas configuradas como entradas ou saídas, digitais ou analógicas e de serem capazes de conectar sensores que não possuem a tecnologia IO-Link. Essas características reduzem substancialmente o custo do projeto.

O protocolo Profinet foi escolhido por utilizar comunicação TCP/IP, o que pode deixar a planta pronta para se comunicar com hierarquias mais altas de automação caso o tema indústria 4.0 se torne uma realidade na empresa.

Com os sensores e os protocolos de rede definidos é possível fazer uma lista de todas as entradas (sensores) e saídas (atuadores) do processo, assim tem-se uma noção da robustez do controlador a ser especificado. São 575 entradas digitais, 352 saídas digitais, 32 entradas analógicas e 31 saídas analógicas.



IV. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

A princípio, um dos focos da automação do deslignamento seria a redução do custo operacional, para tanto foi preciso mensurar um valor para esses passivos.

Para desenvolver todas as atividades necessárias para seu funcionamento, o setor conta atualmente com seis profissionais, desses, dois são operadores e quatro são auxiliares. A Tabela I contabiliza os gastos com pessoas no deslincamento. Na coluna “Custo” estão incluídos os encargos, como transporte, alimentação, plano de saúde, plano odontológico dentre outros, que representam aproximadamente 136 % do salário base.

Tabela I – Custo operacional do deslincamento

Cargos	Salários	Custo	Qtd.
Auxiliar Operador	R\$ 1.000,00	R\$ 2.360,00	4
Operador I	R\$ 1.600,00	R\$ 3.776,00	1
Operador II	R\$ 1.800,00	R\$ 4.248,00	1
Custo Total		R\$ 17.464,00	

Com base na Tabela I, pode-se dizer que o custo operacional anual do setor é de R\$ 209.568,00.

Ao conviver com a realidade do processo, o foco da economia com pessoal foi abandonado, pois percebeu-se que mesmo com essa quantidade de pessoas a eficiência ainda era baixa. Os operários passam muito tempo corrigindo falhas corriqueiras, como embuchamentos e transbordamentos, que acabam por tomar o tempo que serviria para cuidar dos impactantes da qualidade dos produtos finais.

A Tabela II apresenta um levantamento de custos com os equipamentos de rede necessários para o projeto.

Tabela II – Elementos de rede

Componente	Modelo	Fabricante	Qtd.	Preço Unitário
Cabo Profinet	6XV18402AH10100	Siemens	300	R\$ 13,21
CLP	1513-1PN	Siemens	1	R\$ 12.555,52
Fonte CLP	6EP13332BA20	Siemens	1	R\$ 695,10
Trilho	6ES75901AB600AA0	Siemens	1	R\$ 175,25
Switch	SCALANCE XB005	Siemens	10	R\$ 755,75
Memory card	6ES79548LC020AA0	Siemens	1	R\$ 320,59
Win CC	6AV21050HA050AA0	Siemens	1	R\$ 32.671,33
Software IO-Link	QA0011	IFM	1	R\$ 425,22
Tampa de Proteção (10 Peças)	E73004	IFM	5	R\$ 27,29
Distribuidor Y	EBC114	IFM	448	R\$ 64,33
Fonte Remotas	E84016	IFM	1	R\$ 2.359,23
Cabo Profinet	E12493	IFM	1	R\$ 610,64
Cabo Profinet	E12422	IFM	9	R\$ 208,30
Cabo Profinet	E12423	IFM	1	R\$ 506,59
Jumper	EVC094	IFM	879	R\$ 53,28
Jumper	EVC040	IFM	70	R\$ 77,72
Conversor de Sinal	DP2200	IFM	36	R\$ 527,90
Master IO-	AL1102	IFM	8	R\$

Link				1.470,37
Distribuidor M12	AL2401	IFM	56	R\$ 563,77
Distribuidor M12	AL2330	IFM	6	R\$ 790,95
TOTAL (R\$)				R\$ 212.028,66

A Tabela III apresenta um levantamento de toda a instrumentação prevista no projeto.

Tabela III – Instrumentação

Tipo de Sensor	Modelo	Fabricante	Qtd.	Preço Unitário
Transdutor de corrente	MCR-SL-S-100-I-LP	Phoenix Contact	28	R\$ 831,24
Sensor de desalinhamento	ZB0090	IFM	1	R\$ 1.580,38
Sensor de nível tipo radar	VEGAPUL S 67	VEGA	4	R\$ 10.485,00
Sensor magnético para pistão	MK5139	IFM	42	R\$ 169,05
Monitor de velocidade	DI5029	IFM	87	R\$ 518,18
Sensor indutivo	IGT247	IFM	21	R\$ 248,13
Transmissor analógico de peso	TX 12	BAYKON	1	R\$ 2.295,00
Braçadeira para eixo (acessório)	E89013	IFM	87	R\$ 9,63
Botão de Emergência	E7007S	IFM	20	R\$ 183,22
Relé de Segurança	G1501S	IFM	20	R\$ 566,44
TOTAL (R\$)				R\$ 142.313,60

O custo com serviços, incluindo instalação, programação, *start up* e operação assistida, foi orçado em R\$ 268.207,54.

Assim, o custo global do projeto de automação é de R\$ 621.295,65.

Uma vez que a ideia do projeto não é reduzir os custos operacionais, não é possível com os dados disponíveis calcular um retorno financeiro para a automação.

Dessa forma, os ganhos com o controle automático estariam limitados ao acréscimo na qualidade dos produtos finais, frutos da padronização do processo, que passa a operar de uma forma constante, baseada nos *setpoints* definidos pelo cliente. Nesse ponto vale ressaltar que a empresa sofre para manter os produtos: óleo; línter; e farelo, dentro dos padrões corretos, o que gera perdas rotineiras por produtos fora de especificação, que precisam ser vendidos abaixo do preço normal, com a finalidade única de zerar o estoque.

O caso do línter ainda é mais agravante, uma vez que esse produto é destinado ao mercado externo, ainda mais exigente do que o nacional, assim, caso esse não atinja uma celulose mínima de 70%, não será vendido, por consequência, terá como único uso a queima em caldeiras.

Os ganhos com padronização dos produtos podem servir para estimar um retorno financeiro para o projeto de automação, portanto será analisado o impacto da produção de línter fora de especificação:

- Preço aproximado da tonelada de línter no mercado externo: U\$ 700,00;

- Número de fardos produzido em uma hora: 6, de modo que a fábrica funciona 24 horas por dia;
- Peso de um fardo: 200 kg;
- Cotação do dólar em dois de julho de 2018 [8]: R\$3,91.

Com os dados acima, estipula-se o custo de um dia de produção de linter fora de especificação em R\$78.825,60.

Dessa forma, é possível inferir que ao se produzir linter abaixo de 70% de celulose por oito dias, o custo do projeto de automação é ultrapassado por uma perda de R\$630.604,80, um valor aproximadamente três vezes maior do que o custo operacional anual do setor. Esse número mostra a importância de se ter uma linha de produção que consiga entregar produtos padronizados e dentro dos *targets* exigidos pelo mercado consumidor, nesse aspecto a proposta de automação se mostra viável e consolida uma visão de que os ganhos com a automação vão além da redução dos postos de trabalho.

Com a implantação da automação há também o benefício da segurança na operação. Caso ocorra um acidente de trabalho devido às inconformidades apontadas, o trabalhador deverá ser indenizado, uma vez que a negligência e a imperícia da empresa causaram o acidente, o que caracteriza uma conduta culposa dessa enquanto empregadora. O valor deve levar em consideração os gastos que o empregado teve com a lesão, bem como o que ele deixou de ganhar em razão do acidente.

Após a Reforma Trabalhista a indenização passou a ser baseada no salário do trabalhador (entendendo por salário a parte fixa mais os adicionais), assim foram criadas quatro categorias de indenizações:

- De natureza leve: até três vezes o último salário do trabalhador;
- De natureza média: até cinco vezes o último salário;
- De natureza grave: até 20 vezes o último salário;
- De natureza gravíssima: até 50 vezes o último salário.

Em caso de acidente variaria entre as quatro categorias. Já se tratando de morte, seria de natureza gravíssima, além de empresa se responsabilizar por suprir as necessidades da família, decorridas da ausência do falecido no grupo familiar.

Para se ter uma noção da importância da adequação às normas de segurança do Ministério do Trabalho, pode ser analisado um caso hipotético. Nesse caso, um auxiliar de operação sofre um acidente fatal (natureza gravíssima), assim:

$$\text{Indenização} = R\$1.000,00 \times 50 = R\$50.000,00$$

Observa-se que o valor da indenização pode chegar a R\$50.000,00. Maior do que o custo de implantação do projeto, além disso, existe um dano à imagem da empresa perante a sociedade, causado pela ocorrência de acidentes.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho surgiu no contexto de atender a carência por melhorias de um processo de deslinteramento de caroço de algodão. O desafio da proposta não se limitava a modernizar

parte de uma fábrica, mas consistia em elaborar um projeto que juntamente com novas tecnologias fosse capaz de trazer confiabilidade, segurança, padronização dos produtos e operabilidade.

Com um caráter inovador, o trabalho buscou utilizar tecnologias modernas de redes industriais, como o IO-Link e o Profinet, com vistas a reduzir substancialmente os custos de implementação da proposta ao mesmo tempo em que deixava terreno preparado para que a empresa venha a se inserir no contexto da internet das coisas e da indústria 4.0.

Os requisitos da automação foram construídos ao longo do tempo, após muito diálogo com o pessoal de operação e manutenção da empresa, os quais lidam de fato com os problemas rotineiros da planta. Esse canal de comunicação permitiu elaborar uma proposta realista, que de forma sucinta solucionasse as falhas do setor, também proporcionou o crescimento pessoal ao lidar o tempo todo com diferentes personalidades, o que insere no profissional da engenharia o valor da diversidade.

A solução atenta-se a importância dada pela iniciativa privada aos números, de forma que uma proposta que demande investimentos é pormenorizadamente analisada e precisa de trazer consigo vantagens financeiras para a empresa.

REFERÊNCIAS

- [1] CAPELLI, A. *Automação Industrial: controle de movimento e processos contínuos*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.
- [2] PEREIRA, D. A. R. Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes. Monografia de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UNB, 2015.
- [3] MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. de L. *Engenharia de automação industrial*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- [4] COSTA, S. R.; BUENO, M. G. *A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação na OMC*. Rio de Janeiro: Insight Engenharia, 2014.
- [5] SIQUEIRA, N. M.; SILVA, M. da. *Análise das potencialidades da produção do óleo de algodão no Brasil*. Anais do Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio: Faculdade de Tecnologia de Ourinhos, 2013.
- [6] MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>. Acesso em: 02 de julho de 2018.
- [7] RIBEIRO, M. A. *Instrumentação*. 8. ed. TEK Treinamento & Consultoria LTDA: Salvador, 1999.
- [8] UOL Economia. **Dólar comercial**. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/?historico>. Acesso em: 02 de junho de 2018.