



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

FELIPE EMANUEL CAVALCANTI FARIAS

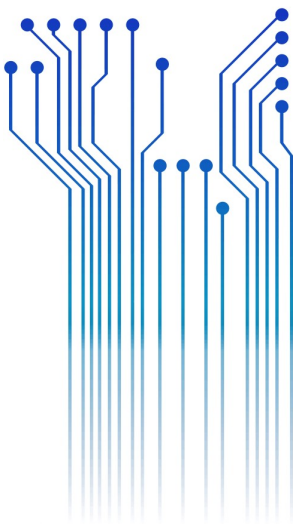


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
PROJETO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE  
SISTEMA AUTOMÁTICO NO PROCESSO DE ARRIADA DE BOBINAS NA  
INDÚSTRIA TÊXTIL.



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2017



FELIPE EMANUEL CAVALCANTI FARIAS

PROJETO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE  
SISTEMA AUTOMÁTICO NO PROCESSO DE ARRIADA DE BOBINAS NA  
INDÚSTRIA TÊXTIL.

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Automação de processos industriais

Orientador:

Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.

Campina Grande  
2017

FELIPE EMANUEL CAVALCANTI FARIAS

PROJETO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE  
SISTEMA AUTOMÁTICO NO PROCESSO DE ARRIADA DE BOBINAS NA  
INDÚSTRIA TÊXTIL.

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Automação de processos industriais

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha avó Hilda, que é o meu maior exemplo de coragem e superação, ela que me guia em todos os momentos além de ser a maior incentivadora da busca pela educação que tenho desde pequeno.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir esta árdua batalha que foi a graduação.

Agradeço também aos meus pais, Edvaldo e Maria das Graças, por terem se esforçado tanto para me proporcionar uma boa educação, por ter me alimentado com saúde, força e coragem, as quais que foram essenciais para superação de todas as adversidades ao longo desta caminhada.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para me ajudar a chegar a esta etapa da minha vida.

Agradeço a todos que fazem parte da UFCG e o departamento de Engenharia Elétrica, que foram parte importante da minha formação acadêmica e que fizeram com que aquele ambiente fosse para mim como uma segunda casa.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

*“Sonhe grande,  
pois ter sonhos grandes  
dão o mesmo trabalho  
dos sonhos pequenos.”*

*Jorge Paulo Lemann.*

## RESUMO

O avanço tecnológico, assim como das técnicas de automação e a grande busca pelo crescimento da produtividade fazem com que, cada vez mais, as grandes empresas disponibilizem esforços e dinheiro em projetos que buscam acelerar o seu crescimento e o faturamento ao longo dos anos. A busca por resultados, a grande concorrência por espaço no mercado e a crise financeira que assola o nosso país tornam primordial o desenvolvimento das técnicas de produção aliados a uma análise detalhada de viabilidade econômica de todos os parâmetros envolvidos. Com este intuito o projeto em questão tem como função analisar a viabilidade econômica de implantar um sistema de robôs industriais para realizar o processo de arriada de bobinas das saídas das *Open-end* em uma indústria têxtil de grande porte, para isso foram utilizados como base os dados da unidade Campina Grande da COTEMINAS S/A. Visando buscar o lucro e o aumento de produtividade a proposta tem como objetivo reduzir tempo de arriada e as perdas durante o processo ao passo que torna a atividade mais barata. Como forma de mensurar a viabilidade do projeto foram utilizados indicadores muito difundidos no ramo industrial: *Payback* e Valor Presente Líquido (VPL).

**Palavras-chave:** Automação industrial. Robôs Industriais. Análise Financeira.



# ABSTRACT

Technological advancement, associated with automation techniques and the great quest for productivity growth, meanwhile, increasingly, large companies make efforts and money available in projects that seek to accelerate their growth and billing over the years. The search for results, the great competition for space in the market and the financial crisis that plagues our country make primordial the development of the techniques of production allied to a detailed analysis of economic viability of all the parameters involved. The purpose of this project is to analyze the economic feasibility of implementing a system of industrial robots to perform the process of lowering the coils of the Open-end exits in a large textile industry. data from the Campina Grande unit of COTEMINAS S / A. In order to seek profit and increase productivity, the proposal aims to reduce downtime and losses during the process while making the activity cheaper. As a way to measure the viability of the project were used indicators very widespread in the industry: Payback and Net Present Value (NPV).

**Keywords:** Industrial automation. Industrial Robots. Financial analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Laçadeira volante para tear .....	17
Figura 2 Pirâmide da automação .....	19
Figura 3 Estrutura de um robô industrial.....	22
Figura 4 Organograma COTEMINAS S/A .....	28
Figura 5 Representação Gráfica de uma Open-end .....	34
Figura 6 Planta Wentex campina grande.....	36
Figura 7 Robô Paletizador em funcionamento .....	39
Figura 8 Sistema de transporte suspenso com área de paletização dedicada.....	40
Figura 9 Sistema de guindaste com trilho fixo .....	41
Figura 10 Sistema de guindaste acoplado à gaiola .....	42
Figura 11 Vista conceitual do projeto.....	44
Figura 12 Robô Yaskawa MH24 .....	45
Figura 13 AGV em funcionamento .....	47
Figura 14 Controlador DX200.....	48
Figura 15 Sistema de proteção por cortina de luz.....	50
Figura 16 Demonstrativo do 442L-SFZNMN em ação .....	51
Figura 17 Demonstrativo do sistema de proteção por zonas .....	51
Figura 18 Fluxo de Caixa .....	54
Figura 19 Fluxo de caixa do investimento inicial do projeto.....	56
Figura 20 Fluxo de caixa das entradas do projeto .....	58
Figura 21 Fluxo de caixa das saídas do Projeto.....	59
Figura 22 Fluxo de caixa livre do projeto.....	60
Figura 23 Representação gráfica da desvalorização do dinheiro no tempo .....	61
Figura 24 Crescimento do Fluxo de caixa livre ao longo do projeto.....	62

# SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de Ilustrações.....	ix
Sumário.....	x
1 Introdução.....	13
1.1 Estrutura do Trabalho.....	14
2 Fundamentação Teórica.....	15
2.1 Indústria.....	15
2.1.1 Indústria Brasileira.....	16
2.1.2 Indústria Têxtil.....	17
2.2 Automação.....	18
2.2.1 Desenvolvimento de Projetos de Automação.....	20
2.3 Robótica.....	21
2.3.1 Componentes e Movimentos de Robô Industrial.....	21
2.3.2 Parâmetros de eficiência dos Braços Robóticos.....	23
2.4 Sensoriamento.....	24
2.4.1 Sensoriamento na indústria.....	25
2.4.2 Sensoriamento na Robótica.....	26
3 Requisitos do Projeto.....	28
3.1 COTEMINAS S/A.....	28
3.1.1 A história.....	29
3.1.2 Processo Produtivo dos fios na COTEMINAS.....	29
3.1.3 Instalações e Estrutura.....	31
3.2 Métodos de análise de desempenho e redução nas perdas.....	31
3.2.1 Indicadores de desempenho do processo de arriada de bobinas.....	32
3.2.2 Limites de produção.....	33
3.3 Descrição dos requisitos de projeto e propostas analisadas.....	33
3.3.1 O processo de arriada.....	34
3.3.2 Dados Importantes do Processo.....	36
4 Alternativas de Soluções.....	38
4.1.1 Robôs Paletizadores Pontuais.....	38
4.1.2 Sistema de transporte suspenso em conjunto com área dedicada a paletização.....	39
4.1.3 Sistema de Guindastes Suspensos com Gaiolas Individuais para Paletização.....	40
4.1.4 Gaiola de Paletização com Robô Industrial.....	42
5 O projeto e seus componentes.....	44
5.1 Robô MH24.....	45
5.2 Sistema de Transporte.....	46

5.3	Controlador DX200 .....	48
5.4	Sensores .....	49
5.4.1	Sistema de Proteção.....	49
5.4.2	Monitoramento do sistema de locomoção .....	50
5.4.3	Monitoramento da Produção.....	52
6	Análise Financeira .....	53
6.1	Engenharia Econômica .....	53
6.1.1	Fluxo de caixa.....	53
6.1.2	Valor presente líquido (VPL) .....	54
6.1.3	Payback.....	55
6.2	Análise de Viabilidade econômica do projeto.....	55
6.2.1	Ganhos previstos com a implantação do projeto .....	57
6.2.2	Despesas Previstas com a implantação do projeto.....	58
6.3	Resultados .....	59
6.3.1	Fluxo de caixa do projeto .....	60
6.3.2	Análise pelo ponto de vista do VPL .....	60
6.3.3	Análise pelo método do <i>Payback</i> .....	61
7	Conclusão .....	63
8	Referências .....	65

# 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do país, que vem em conjunto com o crescimento do setor industrial, exige cada vez mais eficiência e maior rendimento nos processos produtivos e para alcançar esses objetivos as empresas estão cada vez mais investindo projetos de automação.

A concorrência crescente faz com que a busca pelo melhor produto seja incessante, mas com o adendo que o mesmo deve ser produzido ao menor custo possível e que o seu processo produtivo tenha mínimas perdas, por isso qualquer modificação no processo deve ser bem estudada e ter todos os custos bem detalhados.

A busca pelo avanço tecnológico vem acontecendo há muito tempo nas redes de produção, porém a indústria têxtil, mesmo sendo destaque desde a primeira revolução industrial (WILDE, 2017), não tem acompanhado de perto esse desenvolvimento nos últimos anos e isso pode ser observado quando grandes empresas têm amplas perdas nos dias atuais, devido parte do processo ser realizado por humanos tendo contato direto com o produto.

Exemplo disso é o processo de arriada de bobinas na saída das *Open-end*, devido à interferência humana. Seja por fatores limitantes da natureza humana ou por atitudes pessoais, o fato é que, o contato dos humanos com o produto causa uma diminuição da produtividade.

Um grande problema causado pela arriada de bobinas é o número de lesões por esforço repetitivo que essa atividade causa nos colaboradores responsáveis por esse processo, tornando-os impossibilitados momentânea, ou permanentemente, de realizar esse serviço.

Pode ser observado, também, que todos os passos anteriores a arriada das bobinas são feitos com a utilização de maquinário avançado e a interação humana neste ponto do processo causa uma redução de produtividade e faz com que o número de falhas seja superior aos encontrados nas áreas onde o processo é feito de forma automática pelo maquinário.

Uma observação que pode ser utilizada a favor do projeto é o fato da arriada não ser feita a todo tempo, logo, é possível utilizar a favor da solução, esse tempo ocioso de cada máquina para propor um projeto mais viável.

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva-se a analisar a viabilidade econômica de implantar um sistema de automação do processo de arriada de bobinas na indústria têxtil Coteminas S/A na unidade de Campina Grande, buscando redução de custos e aumento da produtividade.

## 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte maneira: No Capítulo 2 há uma contextualização teórica da indústria, da automação, da robótica e do sensoriamento; O Capítulo 3 descreve os requisitos do projeto, apresenta a COTEMINAS, mostrando o seu processo produtivo e onde se localiza o foco do projeto em questão; demonstra índices que são primordiais na análise de melhorias no processo de arriada; além de dissertar sobre os requisitos do projeto, fatores limitantes e primordiais; As propostas analisadas durante o processo de escolha e pré-projeto são demonstradas no Capítulo 4. O quinto Capítulo trata do projeto em si, do modelo de solução escolhido e dos equipamentos utilizados no mesmo. O Capítulo 6 dá o embasamento teórico para a análise de viabilidade econômica, mostrando ferramentas e métodos que foram utilizados; a seguir, ainda no mesmo Capítulo, pode ser encontrada a análise de viabilidade econômica, demonstração de investimento inicial, fluxo de caixa e previsões de despesas e receitas relacionadas ao projeto; assim como trata dos resultados obtidos de acordo com os métodos utilizados, descrevendo o fluxo de caixa completo e mostrando a indicação de implantação ou não do projeto. Por fim, o Capítulo 7 traz considerações finais a respeito da análise realizada neste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta parte do texto iremos focar na apresentação do que pode ser encontrado na literatura sobre o tema e como essas informações serviram como base para o desenvolvimento do projeto.

### 2.1 INDÚSTRIA

O termo indústria pode ser encontrado no dicionário como sendo “Conjunto das atividades dos ofícios que produzem riquezas pela manipulação das matérias primas.” (FERREIRA, 2014). Partindo desta definição, a indústria tem sua origem muitos anos atrás com a manufatura dos artesões, que a partir do trabalho manual modificavam os materiais e vendiam seus produtos.

A indústria deu um passo muito importante, para se tornar o que ela é nos dias atuais, com a revolução industrial que aconteceu na Europa no século XVIII. Essa revolução caracterizou-se por uma substituição acelerada da produção manual pela produção mecanizada. Como dito em (MORE, 2000), o ponto de destaque dessa revolução foi a mudança completa no processo de crescimento econômico, isso é, pela primeira vez na história, um grande crescimento populacional vinha acompanhado por um crescimento na renda *per capita*.

Desde o princípio da revolução industrial, a engenharia está diretamente ligada à indústria, pois a utilização de máquinas com o intuito de aumentar a produtividade trouxe os engenheiros para dentro do processo e com isso, diversos avanços tecnológicos foram acontecendo ao longo do tempo.

A indústria passou, ao longo do tempo, por vários períodos de inovação e desenvolvimento acelerado. Esses períodos são chamados de revoluções industriais (MORE, 2000) e nestas épocas a engenharia trabalhou em conjunto com a indústria para lançar inovações que vieram a modificar os meios de produção que existiam no período.

A primeira revolução industrial ocorreu nos séculos XVIII e XIX e foi o período onde a produção deixou de ser manual e artesanal e passou a ser mecânica e em grande escala.

A segunda revolução consistiu basicamente na utilização da energia elétrica para a produção em massa, essa nova mudança nos meios produtivos ocorreu no início do século XX, pouco antes da primeira guerra mundial.

A terceira revolução industrial continua ocorrendo nos dias atuais, apesar de ter se iniciado no fim do século passado. Essa revolução tem como princípio a substituição de aparelhos analógicos, que ficaram ultrapassados ao longo dos anos pelos equipamentos digitais que estão disponíveis hoje em dia.

A quarta revolução ocorre em conjunto com a terceira nos dias de hoje (SCHWAB, 2017), ela tem a função de integrar e automatizar diferentes sistemas, ao passo que faz um melhor manejo dos recursos envolvidos na produção. Essa revolução utiliza a robótica, a internet das coisas e a inteligência artificial de modo a deixar os sistemas mais inteligentes e auto-suficientes.

### 2.1.1 INDÚSTRIA BRASILEIRA

A indústria brasileira teve um início lento ainda no período colonial. Nesta época, o pouco capital e a política de exploração da matriz fazia com que apenas pequenas indústrias caseiras e do setor açucareiro fossem fundadas, além dos estaleiros de navios de madeira.

O regime escravista e latifundiário, presente no Brasil nesta época, fez com que o desenvolvimento industrial fosse lento e pouco produtivo por muito tempo (SUZIGAN, 1986). A coroa portuguesa buscava beneficiar as indústrias da matriz colonial e proibiam, extensivamente, o desenvolvimento industrial da colônia. Um leve suspiro da indústria ocorreu quando a corte portuguesa se mudou para as terras Tupiniquins, mas a concorrência com os produtos ingleses, que tinham maior qualidade e menor preço, fez com que o processo de industrialização fosse colocado em segundo plano.

Após uma nova tentativa de avanço, no final do século XIX, impulsionado pelo fim da escravidão, o acúmulo de capital devido à prévia produção agrícola e as crises nas lavouras na década de 80 do século XIX, a indústria do Brasil passou a ter crescimento considerável apenas no período da primeira grande guerra. O desenvolvimento industrial foi necessário durante este período, pois com as grandes



nações exportadoras em guerra, os produtos deixaram de aparecer no mercado nacional brasileiro.

Com o objetivo de diminuir a dependência dos produtos externos, o governo brasileiro trabalhou com o intuito de criar estatais que desenvolveriam a indústria de base no Brasil, localizadas principalmente no sudeste; dentre essas indústrias, podemos destacar a Companhia Siderúrgica Nacional e Petrobras.

### 2.1.2 INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil, conhecida nos dias atuais, vem crescendo desde os primórdios da produção industrial, com documentos citando fiações datando do século XVI, na França (RIBEIRO, 1984). Dentre os destaques dessa fase, podemos notar a introdução da manufatura de seda nas principais cidades francesas entre 1515 e 1547.

A importância e a grandeza da indústria têxtil eram tão notáveis durante o período pré-revolução industrial, que foi para esta aplicação que foi desenvolvida a primeira máquina com o intuito de acelerar o processo produtivo. Esta máquina é a lançadeira volante para tear, que está apresentado na Figura 1.

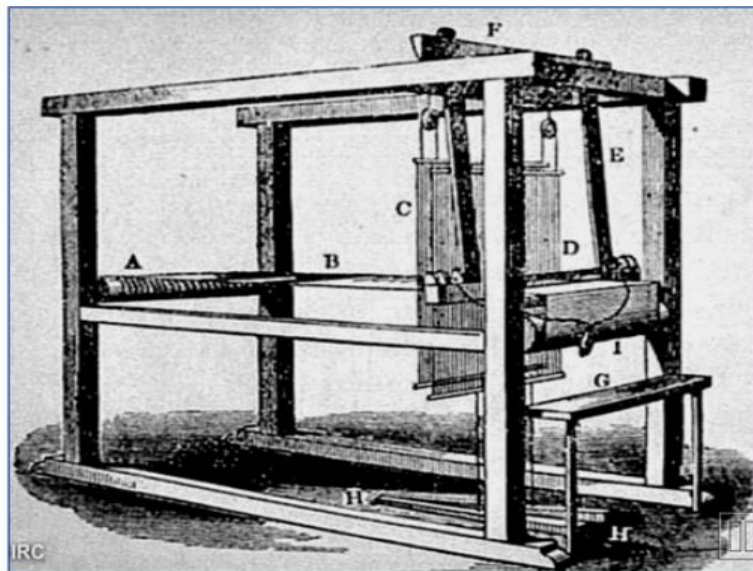


Figura 1 Lançadeira volante para tear

Fonte: (RODRIGO, 2016)

Com o passar dos anos, a produção foi ficando mais elaborada e tecnológica, sendo desenvolvidas, para esse processo, diversas máquinas e alterações no processo, que serão discutidas posteriormente neste texto.

## 2.2 AUTOMAÇÃO

As atividades e atuações do profissional de engenharia vêm mudando ao longo dos anos. Com o avanço tecnológico, a busca pelo aumento de produtividade e a melhoria das técnicas de controle de qualidade estão diretamente associadas e as técnicas de engenharia estão cada vez mais influentes nos meios de produção, não apenas na invenção do produto, mas sim no seu processo produtivo. Um melhor gerenciamento do processo de produção é um dos principais métodos de solução para problemas de engenharia nos dias atuais.

Um grande exemplo disso é o processo de automação, que corresponde a tecnologia em que uma tarefa é realizada sem assistência direta de humanos, sendo desempenhada com o uso de programação associada a sistemas de controle (AGUIRRE, 2007).

A automação e o controle de processos têm ampla atuação em diversas áreas, a exemplo de manufatura, sistemas elétricos, transporte e automação de serviços, além do controle de processos industriais, ponto destacado neste trabalho (GARCIA, 2017).

A propagação do emprego da automação no controle de processos industriais se dá pela importância de analisar parâmetros do sistema, para que os resultados de produção sejam cada vez mais coerentes e recorrentes. A observação de medidas de pressão, vazão, temperatura, entre outras, têm por objetivo uniformizar a fabricação e estabelecer um controle de qualidade no produto.

Atualmente, existem diversas tecnologias que podem ser utilizadas para automatizar o processo nas indústrias. Nesse sentido, o monitoramento em tempo real dos “*status*” dos equipamentos e das variáveis de processo se tornou uma tarefa muito mais fácil e usual em empresas de diversos portes. Tudo isso aliado a atual capacidade

dos computadores pessoais, a difusão das comunicações digitais e a disponibilidade de utilização de banco de dados, entre diversas outras inovações.

A implantação de um sistema de controle é feita de maneira gradual e ocorre em vários níveis, sendo essa gradação bem representada pelas diferentes camadas da pirâmide da automação que pode ser observada na Figura 2 a seguir.

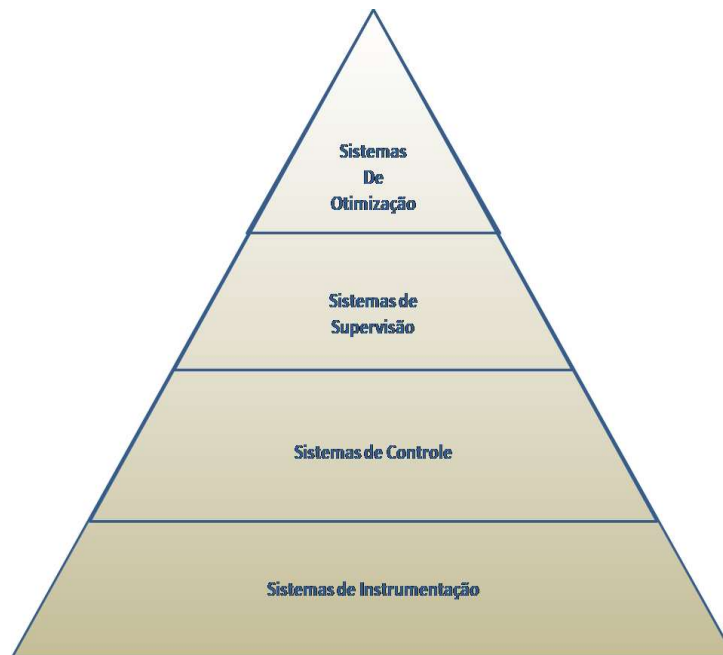


Figura 2 Pirâmide da automação

Fonte: Adaptado de (QUEIROZ, 2011)

A base dos sistemas de automação é o sistema de instrumentação, o mesmo é composto por sensores, que são os instrumentos de monitoramento; por transdutores, que traduzem as leituras dos sensores para que as mesmas sejam enviadas aos sistemas de controle; e por atuadores, que são os responsáveis por realizar os procedimentos de acordo com as leituras dos sensores e os comandos dos controladores.

A seguir temos os sistemas de controle, no qual o tratamento dos dados é realizado, onde as leituras dos sensores são recebidas e gerenciadas e, a partir delas, são tomadas as decisões que são enviadas aos atuadores; em resumo, é a parte inteligente, composta por CLP, Controlador Lógico Programável, ou microcontroladores, por exemplo.

Um nível a cima, na pirâmide, são encontrados os sistemas de supervisão, que tem a função de apresentar, de forma mais elaborada e palpável, os dados do processo.

Os supervisórios são a forma como os usuários observam o sistema controlado sem estarem, necessariamente, presentes no ambiente de produção. Esse monitoramento pode ser realizado a quilômetros de distância de onde estão sendo desenvolvidas as atividades, desde que o sistema de controle envie as informações via rede.

No topo da pirâmide pode ser observado o sistema de otimização, o qual utiliza tecnologias como a modelagem matemática, o controle avançado e a inteligência artificial com o intuito de superar os limites atingidos até mesmo com a automação de processos.

### 2.2.1 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO

Devido às altas cifras envolvidas nos projetos de automação, todas as etapas devem ser bem pensadas e elaboradas com todo cuidado para que o projeto não venha a causar prejuízos. Com o intuito de reduzir custos, e deixar o projeto mais eficiente possível, o procedimento para implantação foi dividido em várias etapas: Planejamento, Projeto, Implementação e Comissionamento (GUIMARÃES, 2013).

Na etapa do planejamento deve ser observado o funcionamento da planta, escolhido o processo a ser automatizado, definido qual a equipe que será envolvida na atividade, decidir quais os parâmetros primordiais de monitoramento, elaborar um cronograma de execução, entre outras ações.

No desenvolvimento do projeto, é feita a análise detalhada do processo com a verificação de diagramas, análise de manuais e procedimentos envolvidos na operação da atividade, análise dos pontos de controle, definição dos objetivos econômicos e análise de viabilidade econômica do projeto.

Após o planejamento e a aprovação técnica e financeira do projeto, temos a implementação, a qual consiste na parte técnica de inserção dos componentes de automação no processo e ainda a correção e o ajuste desses sensores e atuadores, quando em funcionamento prático. Nesta etapa é realizada toda a sintonia para o funcionamento das leituras, da comunicação, do controle e da atuação do sistema.

A etapa final é a de comissionamento, nesta fase são realizadas as últimas análises e testes antes de pôr o projeto em execução na planta real, além disso, é feito todo o treinamento de pessoal que irá trabalhar com o novo sistema.

## 2.3 ROBÓTICA

Avanços tecnológicos têm sido cada vez mais importantes para a cadeia produtiva, a pesquisa e o desenvolvimento de maneiras mais eficientes de realizar processos tem envolvido cada vez mais a engenharia elétrica e de controle e automação dentro das fábricas.

Atividades que envolvem força como levantamento de peças de grande porte, que requerem destreza e delicadeza como em processos de pintura, corte e soldagem, e processos que exigem velocidade como paletização e etiquetagem, têm sido realizadas de maneira mais eficiente por células robóticas (MATARIC, 2014).

Há alguns anos a robótica vem revolucionando a produção em diversas plantas espalhadas por todo o mundo. Os robôs industriais não se parecem com humanos e nem muito menos se comportam como um, mas cada vez mais estão aptos a fazer os trabalhos dos mesmos.

Uma boa definição do motivo da difusão dos robôs por todo o meio fabril foi feita por Yoram Koren no livro *Robotics for Engineers* publicado em 1985 “O robô industrial pode fazer o trabalho de um humano de maneira mais eficiente. Robôs podem trabalhar dois ou três turnos de oito horas, eles não dão pausas e nem entram em greve além de nem saber o que é cansaço e tédio”.

Em algumas funções exigem interação direta entre homens e máquinas e nesses casos temos que ter diversas precauções para não causar risco a saúde e segurança dos colaboradores, para essas atividades é exigido o uso de robôs colaborativos, que tem redundâncias no quesito segurança para que mesmo sem proteções físicas não seja causado nenhum dano.

### 2.3.1 COMPONENTES E MOVIMENTOS DE ROBÔ INDUSTRIAL

Os robôs industriais têm como divisões primárias o controlador, a unidade de força e o manipulador, cada uma dessas tendo diversas subdivisões, que podem ter movimento ou serem fixas. Essas divisões podem ser observadas na Figura 3, a seguir.

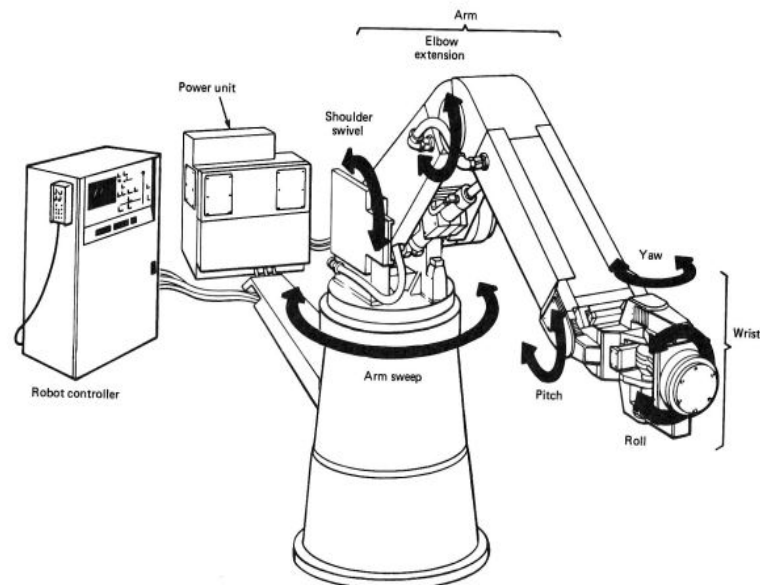


Figura 3 Estrutura de um robô industrial

Fonte: (KOREN, 1985)

A unidade de força nada mais é que a alimentação dos robôs, a qual pode ser feita por um conjunto potente de baterias, um gerador exclusivo ou ainda uma alimentação direta da rede a variar do modo de utilização e da potência requerida pela máquina.

O controlador funciona como um cérebro para o robô onde está todo o circuito de comando, assim como todos os dados de programa feitos para o mesmo. Alguns controladores são passíveis de programação em linguagens comuns no dia a dia de qualquer estudante de engenharia, como C, C#, Ladder, entre outras, porém, algumas montadoras desenvolvem linguagens específicas para os seus controladores a exemplo do INFORM da Yaskawa-Motoman.

A parte atuante dos robôs industriais é chamada de manipulador, que é a parte, que como o próprio nome diz, manuseia o produto ou equipamento que o robô é responsável por lidar diretamente.

Como encontrado em (ROMANO, 2002) o manipulador é dividido em partes que são denominadas, em sua maioria, como partes do corpo humano já que a maior parte desses robôs tem a forma que tenta imitar movimentos humanóides. As partes constituintes de um manipulador podem ser estáticas, que servem para dar aumento de amplitude como o: Corpo, Braço, Antebraço e efetor final, este último sendo mais conhecido como *gripper*; as junções entre partes são chamadas de

articulações e tem movimentos similares aos que podemos encontrar na nossa biomecânica, recebendo os mesmos nomes: ombro, cotovelo e punho.

O corpo é a sustentação do robô, a parte que concentra a maior parte do peso e tem a menor mobilidade.

O braço e o antebraço são extensores de movimento linear, a sua função principal é servir de ligação e aumentar o alcance, seja vertical ou horizontal.

O *gripper* tem a função da mão, sendo o responsável direto por manipular o produto ou equipamento da produção.

As articulações têm os mesmos nomes e objetivos que as do corpo humano, as faixas de atuação também podem ser observadas como parâmetros importantes e diferenciais no momento de escolha entre dois modelos, essas juntas são regidas por atuadores elétricos, pneumáticos e ou hidráulicos, dando assim mais força potencial aos robôs, quando comparado à força dos humanos.

### 2.3.2 PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA DOS BRAÇOS ROBÓTICOS

Os robôs têm parâmetros que demonstram a sua capacidade de atuação com o objetivo de facilitar a comparação entre diferentes modelos (KOREN, 1985) que o mercado pode produzir. Os fatores de eficiência mais conhecidos são o *Payload*, a repetibilidade, a velocidade, o número de eixos e os alcances, vertical e horizontal.

O *payload* de um robô corresponde a carga que o mesmo pode sustentar sem danificar a sua estrutura, ou seja, é o peso máximo que o robô pode trabalhar quando dito em plena carga. Esta medida nos informa o limite da capacidade dos robôs para atividades que exigem força como levantar uma peça.

A repetibilidade, talvez seja o parâmetro mais importante quando estamos tratando de robôs que devem realizar atividades de precisão, como por exemplo, abastecer um palete. Essa medida se refere a capacidade de um sistema com controle de posição de retornar para um ponto endereçado previamente na programação.

O número de eixos se refere diretamente ao número de graus de liberdade que o robô tem, normalmente são 4 eixos ou ainda 6 eixos. Os 6 eixos tornam o robô industrial com movimentos bem próximos do braço humano.

A velocidade de um robô industrial normalmente é medida eixo a eixo, tendo cada eixo velocidades distintas, e essa medida tem como unidade padrão graus por segundo ( $^{\circ}/s$ ), sendo assim uma velocidade angular.

O alcance, seja ele vertical ou horizontal, se refere a envergadura do robô, cada função pode exigir um tipo de robô diferente quanto ao alcance, em alguns projetos o robô tem que ser compacto e forte, em outros é possível requerer que a máquina seja longilínea e tenha movimentos precisos.

## 2.4 SENSORIAMENTO

O desenvolvimento de qualquer sistema de controle precisa de coleta de dados e leitura dos sinais fornecidos pelo processo. Esses dados funcionam como ferramentas para auxiliar as tomadas de decisão por parte do sistema.

Com a evolução da tecnologia, os instrumentos de medição de dados e sinais têm se tornado cada vez mais presentes nos meios industriais. Essas ferramentas funcionam coletando dados do processo e abastecendo o sistema de controle com grandezas que são necessárias para a tomada de decisões.

Como dito em (SINCLAIR, 2001) os instrumentos de medição são basicamente compostos por dois itens principais: o sensor e o transdutor. Esses componentes têm, respectivamente, a função de detectar grandezas físicas de interesse e transformar os dados lidos em grandezas elétricas. O valor convertido pode ser interpretado, em certa faixa de leitura, como sendo o valor da variável medida.

Assim como as grandezas que encontramos no nosso dia a dia, existem dois tipos de instrumentos de medição, que podem ser analógicos ou digitais. Grandezas digitais podem ser binárias (0 ou 1) ou estabelecer diversos níveis bem definidos de saída, sendo chamados de medidas discretas, enquanto grandezas analógicas podem variar bem mais num pequeno espaço, fornecendo assim saídas contínuas na sua faixa de resolução.

Outra maneira de separar os dispositivos de medição em categorias é dividi-los em ativos e passivos, que tem como elemento diferenciador a sua fonte de fornecimento da sua energia de saída (FRANÇA, 2007). Os elementos, que tem sua energia advinda integralmente do sinal de entrada, são ditos dispositivos passivos, enquanto aqueles que



têm à disposição uma fonte auxiliar que fornece energia para o sinal de saída, são chamados de ativos (FRANÇA, 2007).

Sensores são dispositivos que detectam um sinal ou estímulo físico e, a partir deles, são capazes de produzir uma saída mensurável (BALBINOT e V, 2010). A integração dos sensores com o dia a dia humano está cada vez mais forte. Hoje em dia, nossos celulares, automóveis, casas, além de todo o ambiente fabril, as máquinas em funcionamento em uma indústria contam com esses equipamentos que servem para nos indicar grandezas provenientes desses elementos com o intuito de agregar valor a alguma ação do nosso dia a dia.

Os transdutores são quaisquer elementos capazes de receber energia e de transformá-la em uma diferente forma com o intuito de permitir o controle de processos físicos. Existem diversos tipos de transdutores, mas neste texto iremos focar apenas no tipo elétrico. De acordo com (BALBINOT e V, 2010) podemos encontrar doze diferentes tipos de fenômenos elétricos que podem ser utilizados nos transdutores. Esses elementos são: Capacitivos, Indutivos, de Indução Eletromagnética, Ionizantes, Foto Resistivos, Fotoelétricos, Foto Voltaicos, Piezo Elétricos, Potenciométricos, Resistivos, Termo Elétricos e de Permissividade ou Resistividade Variável.

Quando vamos desenvolver um sistema, que conta com sensores, alguns parâmetros devem ser observados na escolha do elemento. Esses fatores são chamados de especificações e dizem respeito a sua sensibilidade, estabilidade, precisão, método de integração, velocidade de resposta, tempo de vida, custo, tamanho, fator de proteção, e peso. De acordo com a aplicação, uma especificação pode ter um maior grau de prioridade do que outra; nesses casos, devem ser utilizadas decisões de engenharia para ser feita a melhor escolha.

Os sensores são dispositivos eletrônicos que têm vasta aplicação nas mais variadas áreas: indústria, comércio, aplicações militares, medicina, entre outras. Neste texto iremos focar nas aplicações industriais para sistemas de controle, automação e robótica.

#### 2.4.1 SENSORIAMENTO NA INDÚSTRIA

Com uma vasta aplicação em todos os setores industriais, os sensores estão envolvidos em todos os passos da produção e de do *background* de uma grande fábrica.

Toda grande indústria precisa de um setor de utilidades, o qual, diretamente, não produz nada, porém é o responsável por dar toda a condição de produção. Nesse setor, ficam localizados os quadros de distribuição de energia, a infra-estrutura de tratamento de ar e água, as caldeiras para a geração de vapor e compressores para o abastecimento de ar comprimido.

Para que tudo funcione como desejado, o setor de utilidades precisa de um monitoramento em tempo integral de grandezas como a da pressão das linhas de abastecimento de ar e água e nas caldeiras, da vazão nas tubulações, da corrente nos quadros de distribuição, da potência consumida nas máquinas desse setor, entre outras; e essas informações são primordiais, pois qualquer falha nesse setor pode parar a produção de uma grande indústria ou até mesmo causar danos graves a saúde dos colaboradores.

Além de aplicações robustas em zonas de alta potência e com aparelhos que tem uma tecnologia mais antiga, como os setores de utilidades, nós podemos observar que o uso de sensoriamento é primordial no controle de processos e na robótica, que temos na indústria 4.0. Sendo este último, o foco do nosso trabalho.

#### 2.4.2 SENSORIAMENTO NA ROBÓTICA

Em uma área que o controle e o ajuste fino devem que ser muito bem desenvolvidos, os sensores funcionam como os sentidos desse tipo de sistema, devendo verificar as grandezas com grande precisão em um curto intervalo de tempo.

Sistemas robóticos, cada vez mais, vêm com sensores internos de monitoramento de “funções vitais” como alimentação, pressão do ar comprimido, entre outros (BOUCHARD, 2014); e para garantir o funcionamento, com segurança e precisão, são associados ao sistema diversos sensores externos, que se comunicam diretamente com o controlador.

Esses sensores permitem que o robô “veja” o seu ambiente de trabalho, por meio de sistema de câmeras; identifique que algum anteparo ou pessoa entrou em sua zona de trabalho com o uso de sensores de presença; “observe” que o objeto que o mesmo deve manipular chegou ao seu *gripper* novamente, por sensores táteis; ou “seja advertido” da distância entre uma parte em funcionamento e algum anteparo que entre em seu

caminho. Ao longo do texto será descrito como é o funcionamento dos sensores utilizados na aplicação em questão.

### 3 REQUISITOS DO PROJETO

Esta parte do texto foca em mostrar o *background* do projeto, especificar o ambiente, os indicadores e os requisitos do desenvolvimento do projeto.

#### 3.1 COTEMINAS S/A

A Companhia de Tecidos Norte de Minas, doravante COTEMINAS, é uma das maiores empresas do ramo têxtil na América Latina contando com unidades fabris espalhadas por cinco estados brasileiros além de plantas nos Estados Unidos, Argentina e México, que vieram após a fusão com a *Springs Industries* dos Estados Unidos. A COTEMINAS tem no seu orgânico mais de 15 mil colaboradores e produz uma diversidade de produtos na linha têxtil, desde o fio, seja ele 100% algodão ou 50% algodão/ 50% Poliéster, até produtos de cama, mesa e banho sendo inclusive líder no Brasil neste seguimento.

O grupo COTEMINAS fabrica e distribui uma vasta gama de produtos de marcas de sucesso no mercado como: Artex, Santista, MMartan, Casa Moysés, entre outras. Após a fusão com a *Springs* o organograma do grupo COTEMINAS ficou da seguinte forma, como pode ser observado na Figura 4:

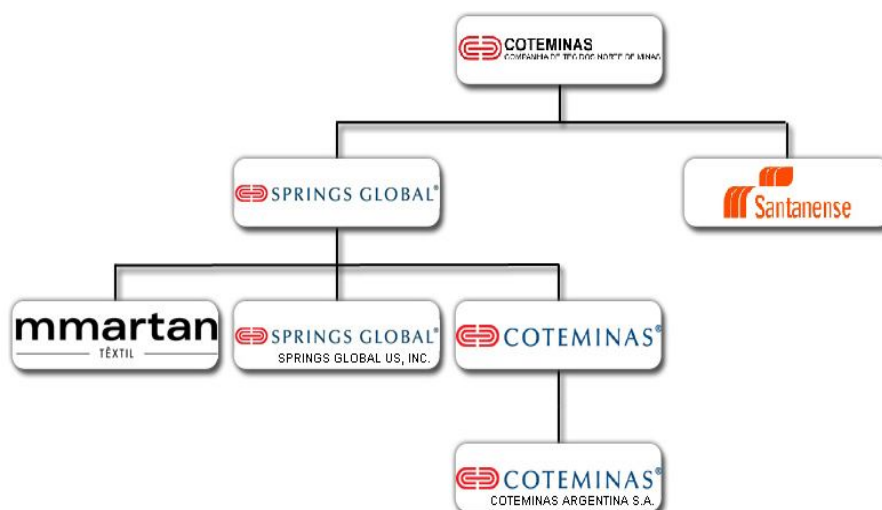


Figura 4 Organograma COTEMINAS S/A

Fonte: (COTEMINAS S/A, 2017)

### 3.1.1 A HISTÓRIA

A COTEMINAS foi fundada por José Alencar em 1967 em conjunto com Luiz de Paula Ferreira e com o apoio da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) tendo a inauguração da fábrica de fiação e tecidos em 1975 (COTEMINAS S/A, 2010).

O cargo de superintendente geral da Companhia, que desde a fundação era ocupado por seu fundador José Alencar, foi repassado para o seu filho Josué Christiano Gomes da Silva em 1996, sendo até os dias atuais o executivo titular da empresa.

A planta da COTEMINAS em Campina Grande foi inaugurada em 1997 como uma das maiores e mais modernas plantas da indústria têxtil no mundo a época, e sua estrutura é composta de duas unidades fabris, numa área de 130.000 metros quadrados. As unidades de Campina Grande são a Embratex, que produz fios além de tecidos na sua tecelagem adjacente, e a Wentex, que é exclusivamente uma fiação. Estas duas unidades são responsáveis por abastecer grande parte do mercado têxtil nacional além de exportar matéria prima para os demais parques fabris do grupo.

### 3.1.2 PROCESSO PRODUTIVO DOS FIOS NA COTEMINAS

O processo produtivo da unidade Campina Grande é todo realizado de maneira interna, desde a armazenagem e tratamento das matérias primas até a entrega do tecido.

O funcionamento da fábrica é 24 horas por dia, 7 dias por semana, produzindo por ano em média 1.096.327 kg de fios, seguindo o passo a passo da linha de produção:

#### 3.1.2.1 ABERTURA

O processo de abertura é composto por uma linha de máquinas e tem o objetivo de receber as matérias primas e tratar as mesmas de forma a remover impurezas que vem em conjunto com o algodão cru, como galhos, areia e barro, entre outras. Além da limpeza, no processo de abertura é realizada a “flocagem” das matérias primas que serão utilizadas no processo.

#### 3.1.2.2 PREPARAÇÃO

A preparação recebe os materiais em flocos e os mesmos são enviados por meio de tubulações para as Cardas, que tem o objetivo de paralelizar as fibras,

transformando-as em uma espécie de fita mais homogênea e com menos impurezas, que é armazenada em tonéis para a utilização nos passos seguintes.

As fitas que saem das Cardas são enviadas para os Passadores, que tem objetivo de homogeneizar ainda mais as fitas, deixando-as mais longas e resistentes mesmo sendo menos espessas. Esse processo é realizado tendo como entrada várias fitas de Carda e um sistema de junção, com estiramento e torção, deixando assim a fita de saída, fita de passador, ainda mais resistente.

### 3.1.2.3 FIAÇÃO

Foco principal do projeto em questão, o setor de fiação é onde temos como saída o fio que mais comumente vemos em nosso dia a dia.

A fiação utilizada na estrutura da COTEMINAS é a fiação por rotor, comumente conhecida como *Open-end*, é um processo de grande sucesso comercial e tem desempenho superior para fibras curtas. A grande vantagem desse tipo de fiação consiste no fato do enrolamento do fio ser feito em separado da aplicação da torção, garantindo assim menor agressão a fibra e ao fio.

O nome *Open-end* vem do fato do processo ser fundamentado na produção de fibras descontínuas, já que a ponta da fita é aberta e separada, sendo assim as fibras individualizadas reconstruídas no dispositivo de fiação, para formar assim um fio resistente e pouco espesso.

Como nesse processo temos o nosso primeiro “produto final” a máquina é esvaziada, pois as bobinas de fio passam a ter diferentes caminhos possíveis, os mesmos podem ser enviados para a tecelagem na própria planta de Campina Grande ou podem ainda ser enviados para inspeção e embalagem, para ai serem enviados para os consumidores finais. É nesta hora que acontece a arriada, que é o ponto de atuação do projeto.

### 3.1.2.4 TECELAGEM

Nesta parte do processo temos a produção do tecido propriamente dito, e por não fazer diretamente parte do escopo do projeto seremos um pouco mais breves.

Na tecelagem, os milhares de fios vindos da fiação são associados e enrolados, de forma alinhada, em um grande carretel metálico em máquinas chamadas Urdideiras.

Após as Urdideiras, o conjunto é enviado às engomadeiras, que têm o objetivo de deixar o conjunto mais resistente a fungos além de deixá-los mais macios; e, por fim,

o carretel que sai da engomadeira é enviado aos teares, que entrelaçam os fios a grande velocidade, formando assim o tecido.

### 3.1.3 INSTALAÇÕES E ESTRUTURA

Os números de planta são impressionantes em vários aspectos como podemos ver a seguir.

A unidade Embratex é constituída por:

- Quatro linhas de Abertura;
- Uma preparação com 64 Cardas e 54 passadores;
- Uma fiação com 66 *Open-end*

Uma tecelagem, com:

- 6 Urdideiras;
- Engomadeiras;
- 444 Teares.

A unidade Wentex é constituída por:

- Sete linhas de Abertura;
- Uma preparação com 105 Cardas e 52 passadores;
- Uma fiação com 94 *Open-end*

## 3.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO E REDUÇÃO NAS PERDAS

A busca por espaço no mercado mundial gera uma grande concorrência e torna obrigatório um novo padrão de produtividade e qualidade, padrão esse que é definido pela combinação de ciência, tecnologia e grandes investimentos (PEREIRA, 2003).

Quando o intuito é desenvolver um novo método para realizar uma dada atividade que já ocorre numa empresa, devemos levar em consideração diversos indicadores de desempenho. Indicadores correspondem a uma medida que descreve algo útil, relevante e que pode servir como diferencial na análise de realizar, ou não, a mudança no método de produção ou realização de tarefas (DE PAULA, 2015).

Para ser possível analisar dois ou mais métodos de realização de uma mesma atividade, devemos ter medidas práticas e teóricas inerentes a cada possibilidade. Esta comparação nos dá melhores resultados e assim diminui o percentual de erros nas escolhas realizadas.

Na análise de desempenho, devem ser observados, também, os limites de produção das máquinas que realizam o processo primário, já que não adianta investir em um projeto que acelerará demais uma parte do processo se ele não necessita de tanta velocidade, pois o processo anterior não consegue abastecê-lo na mesma proporção.

### 3.2.1 INDICADORES DE DESEMPENHO DO PROCESSO DE ARRIADA DE BOBINAS

Neste texto, estamos tratando diretamente do processo de arriada de bobinas e, neste sentido, os fatores que podem ser descritos numericamente e que devem ser observados são:

- Tempo de arriada;
- Taxa de defeitos ocasionados pela operação;
- Custo efetivo por bobina.

#### 3.2.1.1 TEMPO DE ARRIADA

Devido às altas produtividades das *Open-endo* processo de arriada deve ser realizado de maneira rápida e eficiente para que outras funções da máquina não sejam suspensas por um tempo muito elevado, como ocorre com o robô Corolab. Este realiza a substituição dos tubetes, emenda os fios rompidos durante o processo e libera as bobinas prontas para o processo de arriada, porém ficam em modo de espera quando está sendo realizada a arriada das bobinas.

#### 3.2.1.2 TAXA DE DEFEITOS OCACIONADOS PELA OPERAÇÃO

A taxa de defeitos é o número de bobinas perdidas no processo de arriada, cujas causas são: o movimento repetitivo realizado para pegar as bobinas, as quais têm um peso considerável; assim como a falta de concentração, que é próprio da maior parte dos seres humanos, fazendo com que o colaborador fique mais suscetível a falhas ao realizar o processo e, em alguns momentos, venham a derrubar o produto, manusear as bobinas com as mãos sujas ou ainda agrupá-las de maneira errada. Deste modo, as fibras são rompidas, machucadas ou sujas, durante a arriada.



### 3.2.1.3 CUSTO EFETIVO POR BOBINA

De nada adianta realizar o processo sem falhas e de maneira muito rápida, se o custo disso for muito elevado, fazendo com que seja mais caro realizar o processo “primoroso” do que realizar um procedimento onde um limite de falhas pode ser aceitável e mais eficaz para a produtividade. Como forma de comparar os custos efetivos de cada método, o valor do procedimento, por bobina, deve ser verificado, isso é: observar quantas bobinas são entregues a etapa seguinte de produção e dividir o custo de manutenção do projeto pela quantidade de bobinas.

### 3.2.2 LIMITES DE PRODUÇÃO

Como a arriada das bobinas corresponde a um processo final, a velocidade de produção das bobinas pelas *Open-end* e capacidade de armazenamento do setor de expedição e embalagem são os fatores limitantes do processo, pois de nada adianta realizara atividade muito mais rápido que o outro método, se a *Open-end* não requisitar a mesma velocidade de arriada ou se a sala de armazenamento estiver lotada, pois a expedição não precisa de tantas bobinas ao mesmo tempo.

Embora a produtividade das *Open-end* seja elevada, o tempo de produção também não é pequeno, pois a liberação do número programado de bobinas ocorre em intervalos consideráveis e, mesmo um colaborador ou sistema sendo responsável por várias máquinas, pode ser observado que o processo tem um tempo “morto”, que deve ser o mais curto possível, para não termos desperdício de investimentos.

O limite de armazenamento de bobinas vem da área disponível para realizar essa atividade. As salas de armazenamento têm dimensões que possibilitam manter, em estoque, o que será enviado para a tecelagem da própria unidade Campina Grande, em conjunto do que será embalado para ser entregue aos demais consumidores.

## 3.3 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO E PROPOSTAS

### ANALISADAS

A busca incessante pelo aumento da produtividade, ao passo que o ganho na qualidade do produto é o objetivo principal da empresa, torna o projeto de automação

do processo de arriada de bobinas um desejo antigo na unidade Campina Grande da COTEMINAS.

Nesse sentido, o trabalho em conjunto da engenharia com a produção é imprescindível para dar mais um passo junto com a tecnologia.

Os intuitos principais da automação da arriada são: diminuir as perdas e falhas na produção, ao mesmo tempo em que deixa o processo mais rápido e eficiente.

Além de entender os processos de automação e arriada como um todo, um dos principais desafios deste projeto é lidar de maneira impessoal com os números de produtividade e custo, focando nos resultados da empresa, sendo necessário o equilíbrio no trato aos colaboradores que fazem parte do processo atualmente.

### 3.3.1 O PROCESSO DE ARRIADA

A produção de fios é um processo bastante longo, mesmo que feito de forma automatizada, pois tudo deve ser feito com muita calma e muito cuidado para que o produto não seja danificado.

Os cuidados com a fibra fizeram com que, por muito tempo, fosse preferível fazer a arriada das *Open-end* de maneira manual, mas com o avanço da tecnologia essas máquinas foram ficando cada vez mais eficientes, aumentando significativamente a sua produtividade, fazendo com que os trabalhos manuais ficassem cada vez mais obsoletos, ao passo que a automação e a robótica foram se desenvolvendo dia a dia, tornando o uso de robôs cada vez mais comum nas grandes empresas da indústria têxtil, ao redor do mundo, para esta função. Uma *Open-end* pode ser vista na Figura 5 e seu ponto de arriada é a parte frontal.

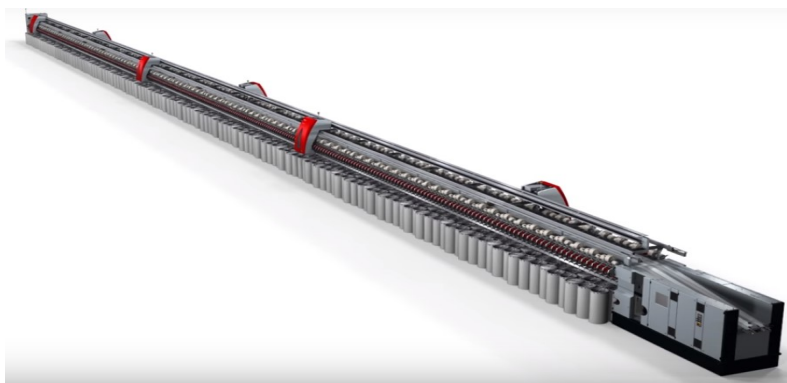


Figura 5 Representação Gráfica de uma *Open-end*

Fonte: (SCHLAFHORST, 1991)

O processo de arriada consiste em recolher as bobinas de fio produzidas nas *Open-end* e agrupar as mesmas em paletes que podem ser do tipo THEN, que são de madeira e comportam 72 bobinas, ou do tipo PLM, que são poliméricos e podem agrupar 144 bobinas. As bobinas são liberadas duas a duas para o ponto de arriada, quando a produtividade programada é atingida nas máquinas produtoras. Os modelos de *Open-end* encontrados na unidade Campina Grande da Coteminas são os *Open-end* Schlafhorst SE9 - ACO 288 e *Open-end* Schlafhorst SE9 - ACO 360, que nos dias atuais são programadas para produzir, respectivamente, 168 e 194 bobinas, funcionando atualmente com pouco mais de 50% da sua produtividade de plena carga, que são de 288 e 460 bobinas respectivamente (SCHLAFHORST, 1991).

As Schlafhorst proporcionam muita facilidade no processo produtivo, dispondo de um sistema automático de emenda de fio, troca de tubetes no reabastecimento e liberação de bobinas prontas que é feito inteiramente por robôs sobre trilhos chamados Corolab.

Para alcançar um maior rendimento do sistema, a arriada deve ser feita com maior velocidade, pois o Corolab entra em modo de espera quando a arriada está sendo feita, ou seja, qualquer correção de falha e ou liberação de bobina completa só será realizada após o fim da arriada.

Esse processo é atualmente realizado manualmente, porém com menor eficiência, pois, devido à grande produtividade da máquina as bobinas são liberadas em pouco intervalo de tempo, fazendo com que a velocidade humana não consiga alcançar velocidade da máquina e com que o ser humano fique cansado, além de ocasionar lesões por esforço repetitivo devido ao grande número de movimentos a cada arriada.

Pode ser observado que todos os passos anteriores a arriada das bobinas são feitos com a utilização de maquinário avançado e a interação humana neste ponto do processo causa uma redução de produtividade devido a fatores limitantes da natureza humana assim como atitudes pessoais.

A busca por uma solução para essa redução de produtividade no passo da arriada de bobinas vem acontecendo há vários anos nas maiores indústrias do mundo e cada empresa tem escolhido a solução que mais se adéqua a sua realidade financeira e estrutural.

### 3.3.2 DADOS IMPORTANTES DO PROCESSO

Para ser desenvolvido o projeto temos que ter em mente todos os aspectos, seja ele: estrutural, de produção, de abastecimento, limitante, atenuador ou de pessoal.

Os aspectos estruturais que devem ser observados são a planta, a localização das *Open-end*, o que pode ser tratado como área livre de circulação, o que é considerado região de abastecimento e armazenamento entre outros aspectos.

Na planta da Wentex, que é a região foco do nosso projeto, a fiação conta com 94 *Open-end*, sendo 60 (sessenta) do tipo Schlafhorst ACO 288 SE 10 e 34 (trinta e quatro) do modelo Schlafhorst ACO 360 SE 11, elas são divididas igualmente em duas filas cada uma com 47 (quarenta e sete) unidades, como pode ser visto na Figura 6 a seguir.

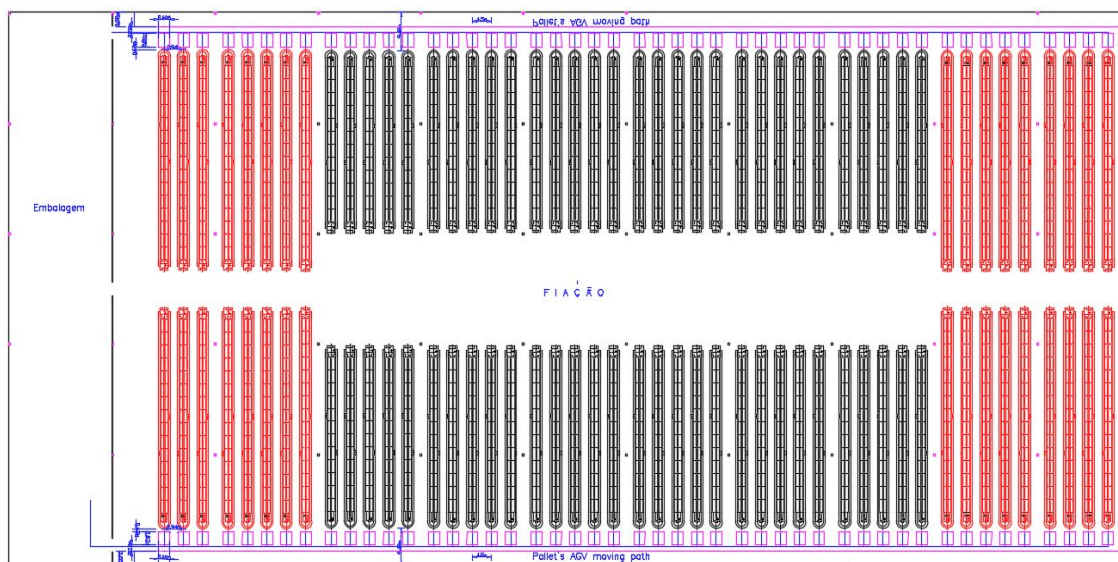


Figura 6 Planta Wentex campina grande

Fonte: Arquivo COTEMINAS S/A

Na planta em questão, alguns quesitos, dentre outros, precisam ser enumerados:

- Distância entre as máquinas = 2,94 metros;
- Região atualmente reservada para a arriada → área retangular de 2,60m x 2,87m em frente a cada máquina;
- Região entre as *Open-end* e parede = 9,48 metros de largura, mas dentre estes 3,22 metros são reservados como região de armazenagem.
- Os quesitos de produção que devem ser observados:
- Altura que deve ser realizada a arriada: 1,57 metros;

- Produção diária: em média 50 mil bobinas;
- Intervalo médio entre uma arriada e outra: varia de 4 horas e 5 minutos até 6 horas e 30 minutos em função do tipo de fio que está em produção;
- Peso das bobinas: em média 2,54 Kg;
- Dimensões das bobinas: 250 mm de diâmetro e 145 mm de altura, com um tubete interno de 50 mm de diâmetro.

A questão do abastecimento de matéria prima nas *Open-end* é um fator crítico, pois esse processo é realizado por meio de carrinhos motorizados que trazem a fita de passador em tambores e o abastecimento da matéria prima é feito na parte lateral das máquinas fazendo com que o espaço entre as *Open-end* tenha que ficar livre mesmo durante a arriada e que seja garantida a região de manobra para os mesmos.

Os fatores de pessoal devem ser bem observados já que nesse ponto estamos tratando direto com pessoas, que em sua maioria tiram o seu “ganha pão” exclusivamente desse trabalho. Temos um orgânico de 90 funcionários, entre arriadores e supervisores, trabalhando em regime de escala, formando assim 20 colaboradores por turno, todos os dias. De acordo com análises realizadas previamente o tempo de arriada de cada colaborador vai aumentando de acordo com tempo decorrido do turno e o número de arriadas já realizadas, variando em média de 10 minutos nas arriadas iniciais até 16 minutos na última arriada do seu expediente de trabalho.

## 4 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÕES

A alternativa utilizada para solucionar a questão da arriada de bobinas na saída das *Open-end* pelas maiores indústrias do ramo no exterior é a implementação de sistemas automáticos de paletização, esses sistemas são realizados diretamente com robôs dedicados a cada conjunto de máquinas e outros sistemas de transporte por meio de esteiras ou monotrilhos suspensos que levam as bobinas até uma região afastada para ser realizado o processo.

Tendo como exemplo alguns casos de sucesso em empresas do ramo no exterior, foram analisadas algumas possibilidades e, aprendendo com os modelos, foi desenvolvida a solução que mais se adéqua a realidade de empresa em Campina Grande.

A seguir temos a descrição básica das possibilidades de solução estudadas para a implantação na Planta Campina Grande da Wentex.

### 4.1.1 ROBÔS PALETIZADORES PONTUAIS

Essa técnica consiste na implantação de um robô industrial de grande porte, fixos em uma região, que tenha alcance para um número relativamente grande de dispensadores de bobinas.

Essa solução é bastante utilizada para paletização de caixas, mas com algumas simples alterações no modelo de *gripper* é uma solução eficaz também para a paletização de bobinas de fio.

A célula de paletização é de grande porte, fixa e localizada de maneira adjacente às máquinas que liberam as bobinas, causando ao sistema maior preocupação com isolamento e sensoriamento de segurança, já que estaria localizado numa área de grande circulação e com bastante espaço para que uma pessoa se infiltrasse para observar o processo.

A implantação de robôs paletizadores para cada conjunto de máquinas diminuiria a interação humana diretamente com o fio a quase 0 (zero), o que, em tese, resolveria problemas de “machucar” a fibra ou romper parte da bobina, mas essa técnica requer um espaço isolado entre as máquinas que não está disponível na planta em

questão devido ao abastecimento dos tambores de fita de passador, com células de grande porte e fixas seria inviável a circulação dos abastecedores.



Figura 7 Robô Paletizador em funcionamento

Fonte: Arquivo FANUC

#### 4.1.2 SISTEMA DE TRANSPORTE SUSPENSO EM CONJUNTO COM ÁREA DEDICADA A PALETIZAÇÃO

Após a inviabilidade de pôr em prática a proposta anterior, foi colocada na mesa a proposta de análise do sistema de paletização de bobinas mais utilizado em novas plantas têxteis no mundo atualmente.

Essa proposta consiste em implementar um sistema de locomoção suspenso que se interliga ao ponto de dispensa das bobinas das *Open-end* e leva todo esse material para um ponto específico, onde é feita a paletização. Esta pode ser feita por robôs industriais como os da proposta anterior, sendo que em número bastante reduzido, o que reduziria o custo inicial, ou em módulos de guindastes com sistema de locomoção tridimensional enclausurados.

A utilização de sistemas de transporte suspenso resolveria o problema da interferência humana assim como o problema no abastecimento dos tambores nas máquinas, causados pelos robôs “pontuais”. O uso desse tipo de sistema não seria uma novidade na empresa já que todo o transporte de algodão flocado é feita por tubulação suspenso. E ainda, essa alternativa nos levaria a um maior isolamento e consequente

segurança no processo, pois os robôs não teriam que ser colaborativos e poderiam trabalhar em maior velocidade.

Nesse sistema, deve-se observar, com todo cuidado, os tipos de fio que estão sendo produzidos em cada máquina, pois com o sistema de locomoção conjunta o cuidado para não misturar diferentes produtos em um mesmo palete tem que ser redobrado.

A grande desvantagem dessa proposta é o custo elevado do sistema, que fora orçado em valores altíssimos e que por sigilo nas negociações não podem ser citados neste material.



Figura 8 Sistema de transporte suspenso com área de paletização dedicada

Fonte: Arquivo RIETER

#### 4.1.3 SISTEMA DE GUINDASTES SUSPENSOS COM GAIOLAS INDIVIDUAIS PARA PALETIZAÇÃO.

Observando as limitações das propostas anteriores, partimos em busca de projetos diferentes com a intenção de reduzir custos ao passo que tornamos o processo mais eficiente, com isso a nova pesquisa nos levou a uma solução bastante utilizada em empresas européias do ramo.

Esse sistema consiste em utilizar um conjunto de guindastes suspensos capaz de realizar movimentos cartesianos tridimensionais, facilitando assim a geolocalização no preenchimento dos paletes.

A implantação desse sistema é de grande utilidade, pois com ela podemos sincronizar as arriadas de modo a utilizar o tempo “morto” entre uma arriada e outra



para fazer com que um mesmo sistema possa ser capaz de realizar o procedimento em diversas máquinas.

Dentro dessa análise duas propostas foram feitas e entraram em discussão, a primeira consiste na implantação de um guindaste de trilho fixo e que se locomoveria entre diversas máquinas que teriam células de paletização individuais, já a segunda proposta vai em busca da mobilidade, pois nela o trilho do guindaste é implantado na própria gaiola de paletização e esta gaiola é que seria movida por toda a zona de recolhimento de bobinas.

#### 4.1.3.1 GUINDASTE DE TRILHO FIXO:

Proposta com um maior custo devido aos longos trilhos que deveriam ser instalados, mas com ela todos os requisitos de alimentação de força e ar comprimido seriam feitos por via aérea, o grande problema dessa proposta está no fato das células de paletização também serem fixas, o que continuaria interferindo no abastecimento de matéria prima para a *Open-end* como pode ser observado na Figura 9 a seguir.



Figura 9 Sistema de guindaste com trilho fixo

Fonte: Arquivo Trascar U.t.it

#### 4.1.3.2 GUINDASTE ACOPLADO A GAIOLA:

Em busca de uma solução que não fosse atrapalhar o processo de abastecimento nos foi apresentada a proposta de desenvolver e implantar gaiolas móveis, que apenas se acoplariam as *Open-end* no momento de arriada, fazendo com que o funcionamento das demais atividades não fossem afetadas.

Esse sistema móvel soluciona as questões estruturais e de abastecimento, mas a locomoção e a proteção se tornam questões mais delicadas e que tiveram que ser bastante observadas no período de projeto.

A base do projeto seria o “*Palletizzatore Mini Compact*” da Trascar-U.t.i.t que possui um sistema de rodas, o qual faz com que a gaiola seja móvel e alimentação de força e ar comprimido por calhas suspensas como pode ser observado na Figura 10 a seguir.



Figura 10 Sistema de guindaste acoplado à gaiola

Fonte: Arquivo Trascar U.t.it

Esse tipo de estrutura é amplamente difundido nas indústrias do ramo ao redor do mundo, sendo bastante utilizado devido a sua boa gestão espacial e grande adaptabilidade.

#### 4.1.4 GAIOLA DE PALETIZAÇÃO COM ROBÔ INDUSTRIAL

Após a análise delicada de todas as propostas anteriores foi verificado que a melhor solução para a questão seria fazer uma adaptação que reduziria custos e aumentaria a possibilidade de reuso e a segurança no projeto.

A proposta será mais bem descrita no capítulo posterior, mas tem como princípio a implantação de um robô industrial do modelo MH24, da Yaskawa – Motoman, que juntamente com o seu controlador tipo DX-200, será fixado em uma plataforma motorizada e em conjunto com toda a estrutura de sensoriamento e segurança seguirá pela fábrica sendo responsável pelo processo de paletização em diversas máquinas, sendo assim a solução mais viável financeira e operacionalmente.

Neste projeto, a base, que se locomoverá por meio de um AGV (*Automated Guided Vehicle*), tem que ser capaz de sustentar o peso conjunto do robô, do controlador, do peso do sistema de proteção além de um palete completo. O projeto prevê que o robô seja alimentado através de ligação com a própria *Open-end* e tenha dispositivos que impeçam que os seus movimentos venham a causar danos à segurança dos colaboradores.

Proposta	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Robôs Paletizadores Pontuais	Simplicidade de projeto devido ser uma estrutura fixa	Necessidade de mudança; Interferência direta no processo de abastecimento.
Sistema de transporte suspenso em conjunto com área dedicada a paletização.	Isolamento e baixa interferência no sistema de abastecimento.	Alto custo; Detecção de diferentes tipos de produto.
Sistema de Guindastes Suspensos com Gaiolas Individuais para Paletização	Custo razoável; Baixa interferência nas outras atividades da produção.	Conscientização; Uso de guindastes com movimentos cartesianos.

Tabela 1 Comparativo de propostas

Fonte: O próprio Autor

## 5 O PROJETO E SEUS COMPONENTES

O entendimento do processo de arriada associado ao estudo de soluções utilizadas em diversas empresas do ramo e em conjunto com o profundo conhecimento da unidade de implantação tornou mais proveitoso e eficaz o desenvolvimento de uma solução específica para planta Campina Grande da COTEMINAS.

O projeto levou em consideração várias peculiaridades da planta em questão e sua produtividade, a fim de tornar-se o mais eficiente possível tendo em vista os objetivos da empresa.

O projeto começou a ser desenvolvido conceitualmente, observando características que são essenciais para o prosseguimento da proposta e no seu decorrer foram acrescentadas outras idéias que visam adicionar funcionalidades e praticidade ao processo. Uma visão conceitual do projeto pode ser visto na Figura 11 a seguir, onde estão representados o Robô MH24, em verde, o AGV em vermelho, a base em cinza com suas rodas, o controlador DX200 é representado em chumbo e os paletes em preto.

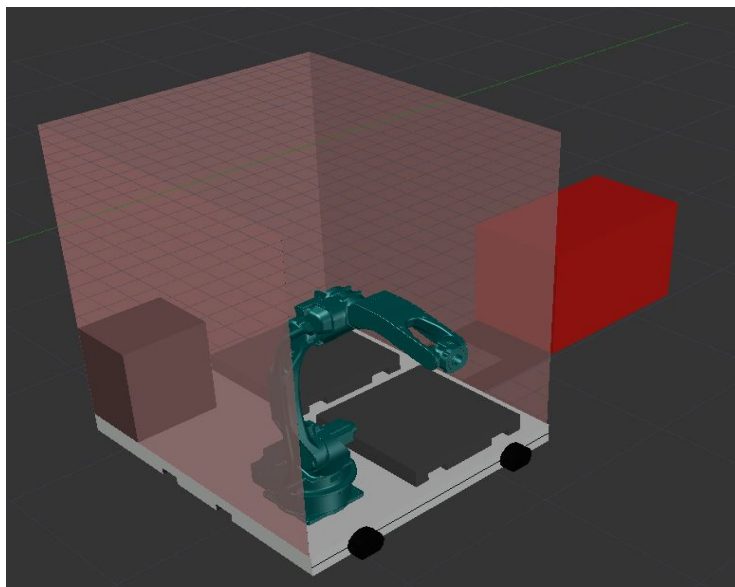


Figura 11 Vista conceitual do projeto

Fonte: O próprio Autor

Com o intuito de tornar a execução o mais eficiente possível, neste projeto foram utilizados alguns dos mais modernos itens disponíveis no mercado, utilizando os

mesmos a nosso favor com a função de agilizar e deixar o processo mais seguro e confiável.

Neste Capítulo iremos descrever cada componente de engenharia e os critérios que foram utilizados para a escolha dos mesmos no desenvolvimento do projeto.

## 5.1 ROBÔ MH24

Começaremos a descrição pela parte mais importante do conjunto, o componente responsável pela substituição humana no processo. Esse robô tem a função de receber as bobinas que forem liberadas nas esteiras das *Open-end* e mover as mesmas para os paletes, realizando o processo de maneira organizada e eficaz.

Desenvolvido pela Yaskawa America, Inc., uma das mais conceituadas empresas do ramo de robótica da America do Norte, esse robô é capaz de desempenhar diversas funções em diferentes áreas, entre elas estão montagem, distribuição e empacotamento de materiais (YASKAWA AMERICA INC, 2017).



Figura 12 Robô Yaskawa MH24

Fonte: (YASKAWA AMERICA INC, 2017)

O MH24 tem movimentos bem precisos e suaves devido aos seis eixos que imitam de forma mais eficiente e similar possível os movimentos humanos; seu *payload* é bem mais do que o suficiente para a nossa aplicação, sendo capaz de suportar uma carga de até 24 Kg (YASKAWA AMERICA INC, 2017).

De acordo com (YASKAWA AMERICA INC, 2017) o robô é capaz de alcançar altas velocidades, devido aos modernos motores Sigma-5, sendo capaz de acelerar o processo em questão, ao mesmo tempo em que protege mais a fibra.

Outra qualidade que veio a somar na escolha do MH24 é a grande área de alcance de materiais que ele tem. Esta é uma característica que se faz necessária devido a liberação das bobinas ser feita a uma altura considerável e os paletes terem dimensões avantajadas (1,2m x 1,2m), medidas amplamente superadas pelo alcance do MH24 que chega a ter 1,73 metros de alcance horizontal e 3,09 metros de alcance vertical.

A capacidade de repetir os movimentos com precisão é de extrema importância para a tarefa de paletização de bobinas, pois os paletes têm posições específicas onde as bobinas devem ser inseridas e a cada nível essas posições se repetem e qualquer incoerência na inserção de bobinas pode fazer com que o palete se torne instável. O MH24 tem repetibilidade de  $\pm 0.06$  mm, fato que o torna apropriado para a atividade.

Demais características como a possibilidade de atuação em células que contêm muitos componentes, assim como a sua proteção IP67 nas articulações e IP54 no corpo, que garantem proteção contra o pó que é bastante presente em uma fiação, foram diferenciais no processo de seleção.

De acordo com o fabricante, esse robô é perfeitamente compatível com dois controladores da sua linha, eles são o DX200 e o MLX200, ambos são parte do portfólio da própria Yaskawa e podem ser programados em INFORM, que foi também desenvolvida pela fabricante, além de uma prática programação orientada por menus (menu-driven programming). Durante o projeto foi escolhido o DX200, decisão que será melhor apresentada posteriormente neste Capítulo.

## 5.2 SISTEMA DE TRANSPORTE

Para locomover todos esses componentes da gaiola de paletização pela fábrica, nós devemos implantar um sistema de transporte por meio de AGVs, o que facilitaria a movimentação da célula, já que o conjunto como um todo pesa em média 1100 Kg.

O AGV analisado e que supre os requisitos necessários do projeto além de ter um preço razoável é o IKV *Magnetic Guidance Forklift* (ver Figura 13) com *payload* de

1300 Kg que foi orçado para encomenda pela COTEMINAS junto à IKV Robot. O AGV em questão cumpre os requisitos e tem um preço acessível.



Figura 13 AGV em funcionamento

Fonte: Arquivo IKV

Como pode ser observado na Figura anterior, o piso deve ser adaptado para a implantação das fitas magnéticas para tornar possível a locomoção do AGV. O veículo se guia a partir de fitas magnéticas com uma largura de 10 cm e sua localização é feita a partir de RFID (Identificação por radiofrequência), que no caso do projeto irá indicar qual máquina está pronta para o processo de arriada e quais devem esperar.

De acordo com o fabricante o veículo funciona a bateria, tendo baterias de lítio de 24V e 210Ah, mas um grande diferencial é que o mesmo é automaticamente guiado sozinho para o ponto de recarga quando sua bateria atinge uma carga previamente programada.

O AGV conta com comunicação Wi-Fi que será o método padrão de comunicação com a *Open-end*, informando quando a mesma estiver pronta para a arriada. A identificação da máquina correta acontecerá via RFID.

O IKV apesar de ser um veículo com dimensões consideráveis (2,2 metros de comprimento, já considerando o garfo de levantamento, e 90 centímetros de altura) o fabricante garante uma repetibilidade de  $\pm 10$  mm para os pontos de parada indicados, e essa precisão é alcançada devido ao seu sistema de freio eletromagnético, e uma repetibilidade de  $\pm 5$  mm quando se trata da altura de levantamento de carga.

Para a segurança no seu movimento o AGV conta com um sistema de proteção contra choque mecânico que é constituído por sensores de prevenção de obstáculos e amortecedor anti-colisão.

### 5.3 CONTROLADOR DX200

O controlador DX 200 foi o escolhido, pois permite o controle de múltiplos robôs simultaneamente, mais especificamente 8 máquinas que podem, juntas, somar até 72 eixos como pode ser encontrado em (YASKAWA AMERICA INC., 2017).



Figura 14 Controlador DX200

Fonte: (YASKAWA AMERICA INC., 2017)

A sua arquitetura robusta fornece controle dos robôs em nível de sistema e sua avançada capacidade de controle permite que não seja utilizado nenhum outro CLP, assim como nenhuma outra IHM adicional para as aplicações mais simples. O controle ARM, que vem do inglês *Advanced Robot Motion*, tem como objetivo reduzir o tempo de ensino de movimentos para os robôs e facilitar o planejamento de movimentos.

As preocupações com a segurança norteiam todos os passos do projeto e as patentes da Yaskawa de controle de múltiplos robôs. Seus avançados protocolos de comunicações, assim como o estudo de zonas dinâmicas de interferência, se encaixam perfeitamente nos requisitos de projeto e facilitam bastante as ações que visam impedir a colisão dos robôs em suas células de trabalho. Diversas funções de segurança estão inclusas na FSU, do inglês *Functional Safety Unit*, do DX 200, entre elas as de definição de zonas de segurança, o movimento individual de alguns eixos, as limitações de velocidade de movimento e o monitoramento dos ângulos e movimentos da garra utilizada.



## 5.4 SENSORES

Com o objetivo de garantir a segurança e reduzir o número de falhas do processo, temos que utilizar todo o aparato disponível para tornar o sistema mais confiável e eficiente. Como falado anteriormente neste texto, o uso de sensores é inteiramente ligado a automação. Os sensores trabalham como os sentidos do engenheiro no monitoramento em tempo real de sistemas automáticos.

No projeto em questão, é necessário o uso de diversos sensores para ajudar na proteção, locomoção e monitoramento do processo e nesta seção iremos tratar das suas especificações e utilidades.

Como todo o projeto deve ser realizado com segurança, iniciaremos o comentário sobre os sensores falando daqueles que serão utilizados para impedir situações de risco aos colaboradores quando o sistema estiver em funcionamento.

### 5.4.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO

Com o objetivo de impedir o acesso do corpo ou de partes do corpo na célula de paletização quando o robô estiver em funcionamento, utilizaremos um sistema de cortina de luz para fiscalizar a movimentação de pessoas e objetos no espaço confinado. Essas cortinas têm como princípio de funcionamento a emissão e recepção de feixes de luz por meio de duas torres de monitoramento; o feixe de luz emitido por uma deve ser recebido pela outra inteiramente, ou seja, se a recepção não foi realizada com sucesso temos que o feixe foi interrompido por alguma parte do corpo ou algum objeto que foi colocado no caminho.

Para a função de cortina de luz, foram escolhidas cortinas do modelo OY290S da *ifm electronics* devido ao fato que elas têm (IFM ELECTRONIC, 2017):

- Boa resolução, de 90 mm;
- Podem proteger até uma altura de 1,56 metros e um comprimento de 20 metros;
- Excelentes níveis de proteção contra pó e água (IP67), além de vibração e choques (CEI61496-1);
- Luz infravermelha, que dificulta tentativas de burlar o sistema e
- Bom tempo de resposta do sistema: 7ms.

O sistema para ser capaz de proteger toda a célula de paletização será composto pelas duas torres que compõe o OY290S e mais dois espelhos, que serão regulados a exatamente  $45^\circ$  de angulação, esses espelhos farão com que os feixes sejam refletidos formando um ângulo de  $90^\circ$  entre si e assim, chegando ao receptor, tornando a região de proteção retangular como pode ser visto na Figura 15 a seguir.

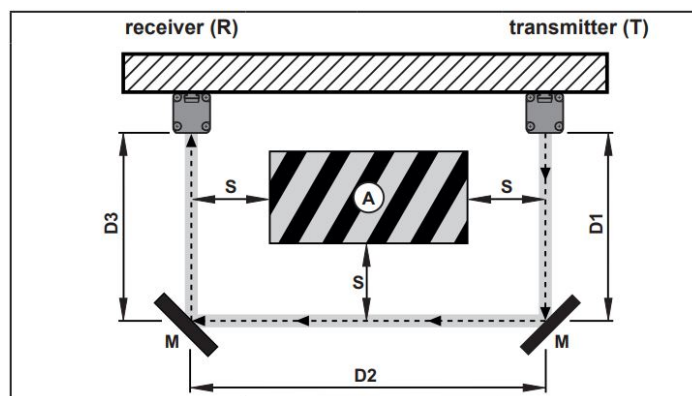


Figura 15 Sistema de proteção por cortina de luz

Fonte: (IFM ELECTRONIC, 2017)

#### 5.4.2 MONITORAMENTO DO SISTEMA DE LOCOMOÇÃO

O sistema de locomoção automático precisa ser bem analisado e estruturado, pois, a região de implantação é um ambiente que conta com vários colaboradores transitando dia e noite. A princípio, como o AGV será acoplado à célula para assim ser capaz de realizar o movimento da mesma, ele tem que ser capaz de “ver” a parte da frente da gaiola para que nenhum acidente seja causado devido a essa movimentação.

Para a atividade em questão, será implantado um sensor 442L-SFZNMN (*SafeZone Mini*) da Allen-Bradley (Rockwell), que é um scanner de segurança a laser que garante uma zona de proteção de até 2 metros de raio.

O princípio de operação do *SafeZone Mini* é utilizar o tempo de viagem da luz no espaço a ser monitorado. O sistema emite pulsos curtos de luz infravermelha no momento que um *timer* do sistema é iniciado e este *timer* trabalha até que o sistema receba de volta um sinal de reflexão do pulso, o que acontece após o contato com alguma região ou pessoa. Com essa medida de tempo e sabendo a velocidade que a onda

viaja no ambiente, o sistema define se os anteparos estão a uma distancia segura ou não do emissor.

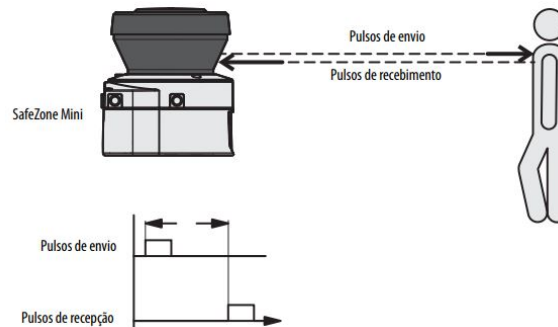


Figura 16 Demonstrativo do 442L-SFZNMN em ação

Fonte: (ALLEN-BRADLEY , 2016)

Esse monitoramento é muito eficiente, pois o freio pode ser automático em caso de aparição brusca, ou ainda, pode ser feito de maneira gradual, considerando a distância até o anteparo, classificada em zonas de advertência e proteção, como pode ser visto na Figura 16, realizando assim um processo mais seguro.

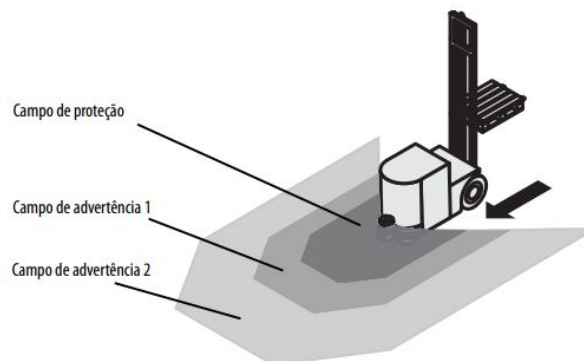


Figura 17 Demonstrativo do sistema de proteção por zonas

Fonte: (ALLEN-BRADLEY , 2016)

O sensor é altamente configurável e é próprio para a utilização com AGVs que funcionam em velocidade constante, tornando-se muito útil para a aplicação nesse sistema.

### 5.4.3 MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO

Para que seja realizada a arriada, temos que ter a *Open-end* no ponto ótimo para a função, pois a arriada deve ser realizada quando atingirmos um número específico de bobinas. A arriada não deve demorar a ser realizada para que os fusos não fiquem sem produzir, pois os mesmos estão ocupados de maneira desnecessária com bobinas prontas; também não deve ser realizada precocemente, pois isso faria com que fossem feitas mais arriadas que o necessário para uma mesma máquina, o que ocasionaria gastos com a locomoção desnecessária da célula e faria com que o robô reparador ficasse em repouso por muito tempo.

O ponto ótimo para a arriada é escolhido de acordo com a programação específica da *Open-end*, de acordo com o número de bobinas definido pela produção, com base no histórico de produtividade da máquina. O monitoramento de quando essa condição é alcançada é feito por meio de sensores que monitoram o peso da esteira, que recebe as bobinas liberadas dos fusos.

O processo de arriada é iniciado apenas quando o sensor de pressão das *Open-end* indica que o número de bobinas foi atingido, e a partir desse momento a esteira que até essa hora recebia a liberação das bobinas passa a se movimentar, levando o material para o ponto onde o MH24 será responsável de retirar as bobinas e colocar as mesmas nos paletes, sendo que para o robô realizar o processo, ele deve antes ser informado que existem bobinas no ponto de arriada e para isso iremos ativar um sensor de presença do tipo ultrassônico UGT521 da *ifm electronics*, em cada máquina.

A presença de bobinas no ponto de arriada dá o sinal verde para o sistema AGV, ativando a etiqueta RFID específica daquela unidade, fazendo com que esse sistema encontre a *Open-end* específica e realize o processo.

## 6 ANÁLISE FINANCEIRA

Após a descrição de todas as necessidades de projeto e dos meios utilizados para solucionar os problemas com o projeto em questão, nesta seção é descrita a metodologia, as ferramentas e a própria análise de viabilidade econômica do projeto.

### 6.1 ENGENHARIA ECONÔMICA

Todo processo de implementação de projetos de inovação tem, como parte primordial, o estudo de viabilidade econômica, pois toda empresa busca o lucro e se um projeto, mesmo que interessante, não gerar benefícios financeiros, o mesmo não será aprovado (MOTTA e CALÔBA, 2002). Com o objetivo de realizar essa análise, temos diversos métodos que podem ser observados, mas neste texto iremos focar na discussão de dois desses métodos que são *Payback* e Valor Presente Líquido.

Para realizar uma análise completa do projeto temos que ter em mão algumas ferramentas e, dentre elas, se destaca o fluxo de caixa.

#### 6.1.1 FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa representa uma previsão do montante de dinheiro que será movimento, seja em forma de entrada ou saída, em cada um dos períodos pré-definidos do ciclo de vida do projeto. Caracterizam-se como entradas as receitas e economias geradas pelo projeto, enquanto as saídas são os custos, as despesas e os investimentos realizados durante a vida útil da aplicação (LAPPONI, 2007).

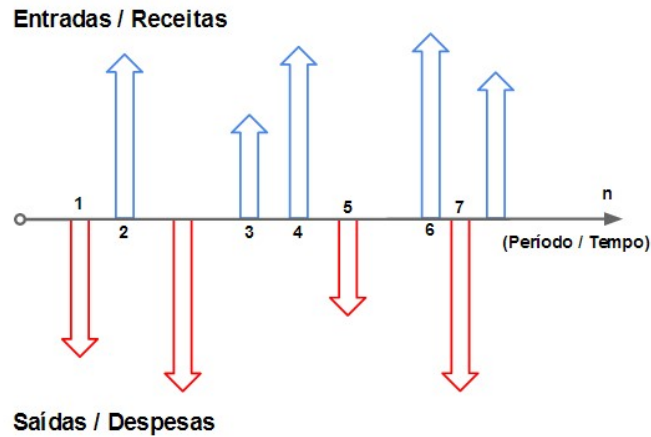


Figura 18 Fluxo de Caixa

Fonte: (DE PAULA, 2013)

### 6.1.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Essa análise consiste em valorar, em termos de importância presente, os fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo da sua vida útil, ou seja, o método converte o valor das entradas e saídas de capital, de cada ciclo, em um valor equivalente visto na data inicial do investimento. Essa conversão ocorre quando vamos descontando, a cada ciclo, a taxa de juros (“i”), que é denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (ROSS e WESTERFIELD, 2007). Na equação a seguir é possível observar como é calculado o VPL.

$$VPL = -FC_0 + \sum \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

Em que:

$FC_0$ : Investimento inicial;

$FC_k$ : Fluxos de caixa referente a cada ano do horizonte de planejamento;

k: Períodos do horizonte de planejamento (no caso será em anos);

i: Taxa Mínima de Atratividade do projeto (TMA).

Como critério de análise, tem-se que o indicador VPL deve ser maior que zero (0) para que o projeto seja considerado viável, neste caso diz-se que o projeto cria valor. Quando o VPL é menor que zero temos que o projeto é rejeitado, pois o mesmo destruiria valor e, dessa forma, seria muito mais simples e menos arriscado para o

investidor ou empresário investir no tesouro direto e esperar seu capital gerar mais lucro sem esforço e risco de projeto.

### 6.1.3 PAYBACK

A cada projeto ou aquisição, o investidor deseja saber qual é o tempo de recuperação do seu capital aplicado, ou seja, quantos anos decorrerão até que o valor presente dos fluxos de caixa previsto se iguale ao montante do investimento inicial, considerando a mudança de valor do dinheiro no tempo (SAMANEZ, 2009).

Neste método, é utilizada a mesma equação que o processo do VPL, porém a variável de interesse passa a ser o tempo, e o lado esquerdo da equação deve ser substituído por zero (0) e a solução deve ser iterativa, já que o tempo é representado pelo número de períodos “k” do horizonte de investimento.

O parâmetro de decisão primordial para analisar a viabilidade do projeto em questão é verificar se o prazo para retorno do capital inicial ocorre antes do ciclo previsto de vida útil do projeto se encerrar.

## 6.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Após a elaboração de todo o projeto, observando suas funcionalidades e requisitos, é chegado o momento de ponderar todos os custos e previsões de receitas, para assim, ser realizada a análise econômica da aplicação, pois de nada adianta ter um excelente processo no papel se o mesmo ocasionar prejuízos a empresa quando for instalado.

A análise consiste em observar os custos, de acordo com os dimensionamentos calculados em projeto, em conjunto com as informações recebidas junto às empresas fornecedoras.

A seguir, na tabela 2, podem ser encontrados os valores dimensionados e orçados para a implantação do projeto. Nesses valores, quando necessário, já estão incluídos os valores dos respectivos impostos.

Saídas Iniciais					
Item	Descrição	Preço Unitário	Unidade	Quantidade	Preço Total
Robô Industrial	Robô Yaskawa Motoman MH 24	R\$ 136.200,00	Pc	6	R\$ 817.200,00
Controlador	Controlador Yaskawa Motoman DX200	R\$ 8.000,00	Pc	1	R\$ 8.000,00
AGV	AGV - IKV Magnetic Guidance Forklift	R\$ 33.456,00	Pc	6	R\$ 200.736,00
Etiquetas RFID	Etiquetas RFID para identificação das Open-end	R\$ 6,52	Pc	94	R\$ 612,88
Fitas Magnéticas	Fitas magnéticas para locomoção dos AGV	R\$ 15,00	Metros	900	R\$ 13.500,00
Cabeamento de Controle	Cabeamento de 4 vias (4x0,34) com conexões M12 para o sistema de controle	R\$ 4,14	Metros	1000	R\$ 4.140,00
Cabeamento de Força	Cabeamento de 4 vias (3P+T) para o sistema de alimentação	R\$ 3,27	Metros	1200	R\$ 3.924,00
Cortina de Luz	Cortina de Luz DY290S - ifm electronic	R\$ 7.631,15	Pc	6	R\$ 45.786,90
Scanner de Segurança	SafeZone Mini Safety Laser Scanner	R\$ 4.512,00	Pc	6	R\$ 27.072,00
Sensor de Produção	UGT521 - ifm electronic	R\$ 557,13	Pc	94	R\$ 52.370,22
Calhas Superiores	Descrição	R\$ 5,42	Metros	1000	R\$ 5.416,67
Base Estrutural	Base de aço galvanizado 2,70 x 3,00 metros	R\$ 2.000,00	Pc	6	R\$ 12.000,00
Despesas com Recisões	Despesas Relativas as indenizações por rescisão de contrato dos funcionários que não serem realojados na	NA	NA	NA	R\$ 138.416,18
Demais Despesas	Despesas relativas a instalação, estruturação da planta, Logística e Treinamento	NA	NA	NA	R\$ 365.412,35
<b>Total</b>					<b>R\$ 1.694.587,20</b>

Tabela 2 Investimento inicial do projeto

Fonte: O próprio Autor

Quando temos a comparação entre dois ou mais projetos, devemos fazer a análise do fluxo de caixa durante o intervalo do projeto com a maior janela de tempo (SAMANEZ, 2009), mas como no caso estamos tratando de um projeto que é automático, com maquinário que tem vida útil, e outro que é realizado por pessoas; devemos levar em consideração a validade do projeto que utiliza o maquinário.

Durante conversas com fornecedores, fomos informados que a empresa em questão (Yaskawa) tem um programa de substituição programada de robôs num horizonte de 10 anos de funcionamento, e devido a isso, esse será o horizonte que será tomado como base.



Figura 19 Fluxo de caixa do investimento inicial do projeto

Fonte: O próprio Autor



### 6.2.1 GANHOS PREVISTOS COM A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Como discutido anteriormente, para que um projeto seja implantado em uma grande empresa, é necessário que o mesmo crie valor; e para isso, ele deve gerar receitas em seu horizonte de investimento.

Como se trata de um projeto multidisciplinar em conjunto com o departamento de produção da fábrica foi observado que uma das fontes de renda que esse projeto irá incrementar será a carteira da produtividade. Alguns fatores como o aumento da velocidade de arriada, em conjunto com as reduções de perdas, devido à sujeira e rompimento da fibra, levaram-nos ao número de crescimento de produtividade de 3 (três) bobinas, a cada duas arriadas, ao dia, para cada máquina.

O que parece pouco ao primeiro olhar, esse aumento de 3 bobinas por máquina a cada duas arriadas, se transforma em um grande ganho de produtividade na vida útil do projeto. Como a empresa tem 94 máquinas trabalhando 24 horas por dia, durante 335 dias por ano, se levarmos em consideração as férias coletivas que vem ocorrendo nos tempos de crise, chegamos a um ganho anual de cento e oitenta e oito mil novecentos e quarenta (188.940) bobinas.

Outra economia, que o projeto proporciona, é a diminuição do pagamento de salários aos funcionários relacionados à tarefa. Essa questão foi muito pensada pela empresa, para fazer com que a decisão fosse a mais humana possível e realocasse o máximo de funcionários para outras funções dentro da própria fábrica, pois a maioria dos colaboradores tem essa como sua única fonte de renda. Após diversas análises, foi obtido o número de 38 funcionários desligados da empresa, enquanto 52 foram reaproveitados e/ou realocados. Levando em consideração o pagamento médio de R\$ 1.592,90, por pessoa, foi contabilizada uma redução anual de R\$ 726,362.40, no primeiro ano, com aumento anual, após o funcionamento integral da aplicação. Esses dados podem ser encontrados na tabela 3 a seguir.

Entradas Durante o Projeto						
Item	Descrição	Preço Unitário	Quantidade Mens:	Quantidade Anual	Valor Total	
Economia com Salários	Diminuição de efetivo relacionado a tarefa	R\$ 1,592.90	38	456	R\$	726,362.40
Aumento no número de bobinas	Aumento de produção devido as reduções de perdas e ganho de velocidade	R\$ 3.78	15745	188940	R\$	714,193.20
Total					R\$	1,440,555.60

Tabela 3 Previsão de entradas anuais relativas ao projeto

Fonte: O próprio Autor

Com esses valores, foi obtido um fluxo de caixa relativo às entradas, como pode ser observado na Figura 20 a seguir.

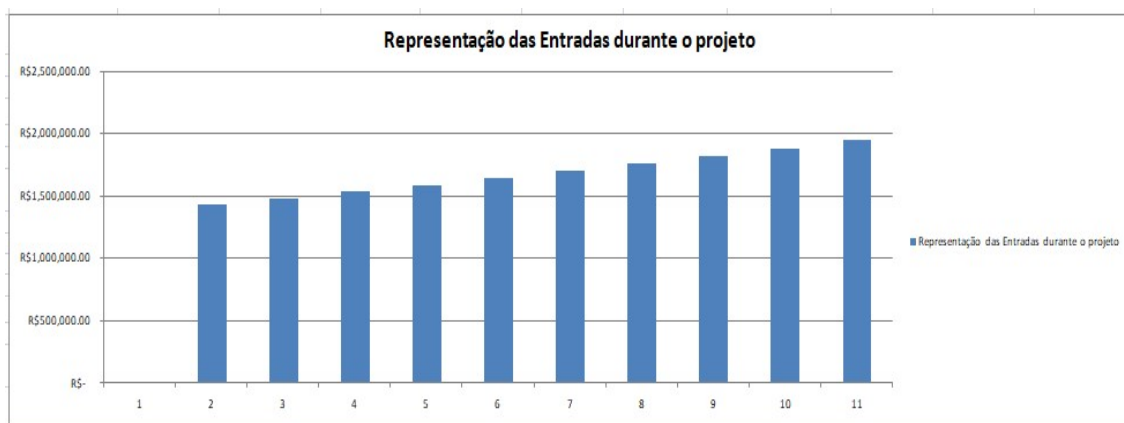


Figura 20 Fluxo de caixa das entradas do projeto

Fonte: O próprio Autor

## 6.2.2 DESPESAS PREVISTAS COM A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Não só apenas de ganhos é composto um projeto de inovação e automação. Esses, causam aumentos no consumo de energia, manutenção de aparelhos que, devido a sua sofisticação, têm mão de obra e peças com valor elevado.

A análise financeira das saídas do projeto durante a sua vida útil foram realizadas junto aos fornecedores, à equipe de produção e à equipe de manutenção, e esses valores podem ser observados por 3 perspectivas (Pessimista, Realista e Otimista) e os cálculos realizados a seguir, tomaram como base a média desses valores.

Um fator que pode ser observado como uma grande fonte de investimentos durante a vida útil do projeto é o consumo de energia elétrica, que, de acordo com a produção, pode variar entre R\$299.934,16 e R\$499.890,27 ao ano, tendo um valor médio de R\$377.694,87, no primeiro ano é considerado um aumento de 5.85% ao ano para os seguintes.

Os gastos com a manutenção preditiva e preventiva do projeto também podem variar entre 7% e 15% do valor inicial, de acordo com os dados recebidos junto aos fornecedores. Isso nos leva a gastos de R\$116.641,06 na visão otimista e R\$249.945,13 no ponto de vista pessimista, requisitando assim uma reserva média de R\$177.738,76, no primeiro ano é considerado um aumento de 5.85% ao ano para os seguintes..

Por fim, temos ainda o cálculo preventivo de compra de peças e equipamentos que não sejam envolvidos na garantia do produto, ou que venham a ser danificados por uso na aplicação, e mais uma vez temos 3 possíveis janelas de gasto, que variam de 3.5% do investimento inicial na visão otimista, até 10% na visão pessimista. Essas previsões nos levam a valores entre R\$58.320,53 até R\$166.630,09, com média de R\$113.863,89, no primeiro ano é considerado um aumento de 5.85% ao ano para os seguintes.

Uma descrição mais detalhada pode ser vista na tabela 4 e na Figura 21 a seguir.

Saídas Durante o Processo					
Item	Descrição	Pessimista	Realista	Otimista	Valor Médio
Energia Elétrica	Aumento médio anual no consumo de energia devido a implantação do projeto	R\$ 508,376.16	R\$ 338,917.44	R\$ 305,025.70	R\$ 384,106.43
Manutenção dos novos equipamentos	Gastos com manutenção preditiva e preventiva dos novos aparelhos	R\$ 254,188.08	R\$ 169,458.72	R\$ 118,621.10	R\$ 180,755.97
Compra de peças	Gastos previstos para a compra de suplementos para as novas partes do sistema	R\$ 169,458.72	R\$ 118,621.10	R\$ 59,310.55	R\$ 115,796.79
				Total	R\$ 680,659.19

Tabela 4 Representação das saídas anuais durante o processo

Fonte: O próprio Autor

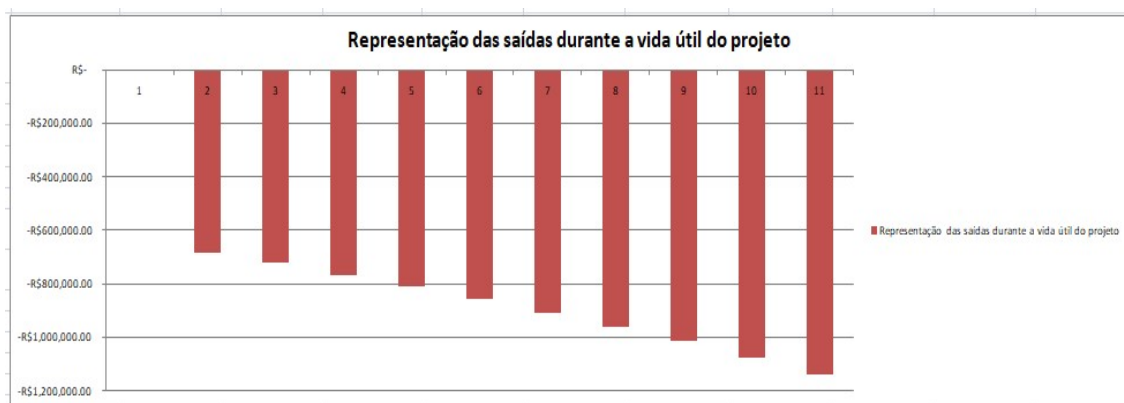


Figura 21 Fluxo de caixa das saídas do Projeto

Fonte: O próprio Autor

## 6.3 RESULTADOS

A partir da soma de todos esses valores de receitas e despesas, pode ser confeccionado o fluxo de caixa livre do projeto.

### 6.3.1 FLUXO DE CAIXA DO PROJETO

Após a obtenção de todos os valores, é possível analisá-los de maneira conjunta, facilitando o entendimento e a tomada de decisões. Na Figura 22, a seguir, pode ser observado o fluxo de caixa do projeto durante todo o seu horizonte de aplicação.

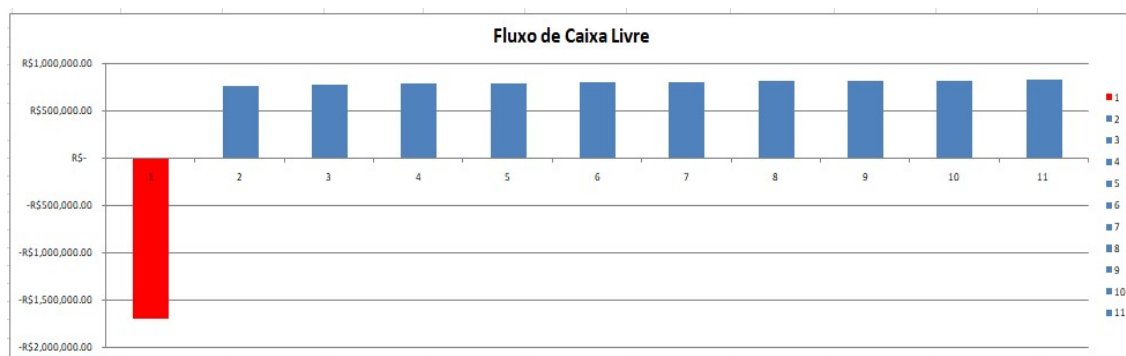


Figura 22 Fluxo de caixa livre do projeto

Fonte: O próprio Autor

Neste fluxo de caixa podemos visualizar a soma algébrica de todas as receitas e despesas do projeto, assim, pode ser observado que no primeiro ano, isto é, o de implantação, temos apenas despesas e a partir dos anos seguintes pode ser observado o superávit das entradas perante as saídas.

### 6.3.2 ANÁLISE PELO PONTO DE VISTA DO VPL

Como já descrito anteriormente, o método do VPL requer que o projeto crie valor, isto é, que a soma de todos os fluxos de caixa, quando descontadas a taxa mínima de atratividade, seja maior que o investimento inicial do projeto.

Para a realização dessa análise foi consultado o site (TESOURO NACIONAL, 2017) e, ao substituir os valores de investimento inicial e horizonte de investimento juntamente com a taxa Selic do período, foi obtido que a rentabilidade líquida, antes dos descontos de imposto de renda, ficou em 8.26%, por isso esse valor foi utilizado como TMA para esse projeto.

Com base nesses dados, podemos observar, na tabela a seguir, que os fluxos de caixa em valor presente líquido a uma taxa mínima de atratividade de 8.26% são as seguintes:

TMA	8.26%	
FCL	Ano	VPL
-R\$ 1,694,587.20	0	-R\$ 1,694,587.20
R\$ 759,896.41	1	R\$ 701,917.98
R\$ 769,777.01	2	R\$ 656,793.57
R\$ 779,042.86	3	R\$ 613,984.32
R\$ 787,616.82	4	R\$ 573,380.46
R\$ 795,415.85	5	R\$ 534,877.25
R\$ 802,350.59	6	R\$ 498,374.76
R\$ 808,324.92	7	R\$ 463,777.64
R\$ 813,235.51	8	R\$ 430,994.92
R\$ 816,971.38	9	R\$ 399,939.81
R\$ 819,413.38	10	R\$ 370,529.53

Tabela 5 Representação analítica da desvalorização do dinheiro no tempo

Fonte: O próprio Autor

Temos, também, uma representação gráfica da desvalorização do dinheiro em função do tempo, na Figura 23 a seguir, que representa o fluxo de caixa tomando como base o método do VPL e a desvalorização em relação ao valor atual do dinheiro como foi mostrado na tabela anterior.

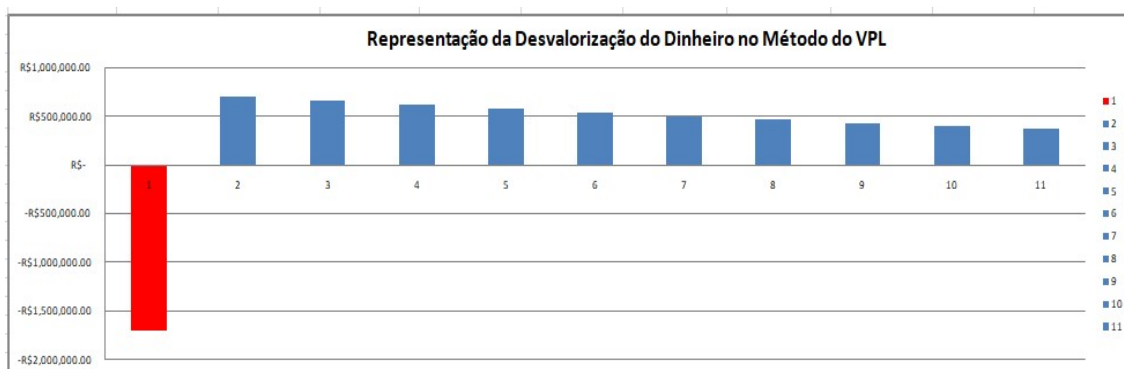


Figura 23 Representação gráfica da desvalorização do dinheiro no tempo

Fonte: O próprio Autor

### 6.3.3 ANÁLISE PELO MÉTODO DO *PAYBACK*

Segundo (ROSS e WESTERFIELD, 2007), no ambiente corporativo, o indicador econômico que investidores utilizam como base para tomada de decisões é o *Payback*, ou seja, o tempo de retorno de investimento do projeto. Esse método consiste em uma ampliação do método do VPL e nele podemos observar em quanto tempo o projeto se pagará. Tendo isso em mente, podemos observar a tabela 6 a seguir, que mostra o valor presente do fluxo de caixa acumulado em conjunto com o seu fluxo de

caixa livre e o valor presente líquido de cada parcela se considerada uma TMA de 8.26%.

TMA	8.26%		
FCL	Ano	VPL	VP do FCL Acumulado
-R\$ 1,694,587.20	0	-R\$ 1,694,587.20	-R\$ 1,694,587.20
R\$ 759,896.41	1	R\$ 701,917.98	-R\$ 992,669.21
R\$ 769,777.01	2	R\$ 656,793.57	-R\$ 335,875.64
R\$ 779,042.86	3	R\$ 613,984.32	R\$ 278,108.68
R\$ 787,616.82	4	R\$ 573,380.46	R\$ 851,489.14
R\$ 795,415.85	5	R\$ 534,877.25	R\$ 1,386,366.40
R\$ 802,350.59	6	R\$ 498,374.76	R\$ 1,884,741.16
R\$ 808,324.92	7	R\$ 463,777.64	R\$ 2,348,518.80
R\$ 813,235.51	8	R\$ 430,994.92	R\$ 2,779,513.72
R\$ 816,971.38	9	R\$ 399,939.81	R\$ 3,179,453.53
R\$ 819,413.38	10	R\$ 370,529.53	R\$ 3,549,983.06

Tabela 6 Crescimento anual do valor presente do fluxo de caixa acumulado

Fonte: O próprio Autor

Com isso, podemos observar que o projeto se pagará no terceiro ano de funcionamento e terá VPL, e VP do FCL acumulado, positivos. Sendo assim, temos um projeto economicamente viável, que deve ser implementado pela empresa e terá fluxo de caixa acumulado como o da seguinte Figura 24.

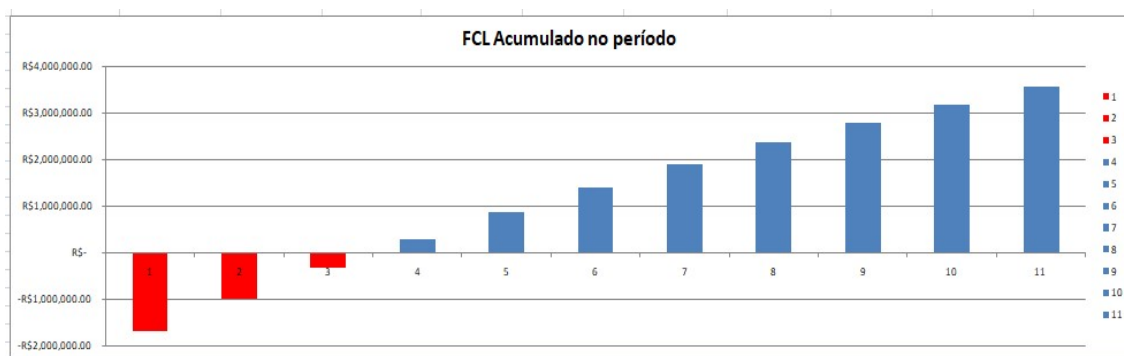


Figura 24 Crescimento do Fluxo de caixa livre ao longo do projeto

Fonte: O próprio Autor

## 7 CONCLUSÃO

A diretriz básica para a elaboração de projetos no ramo industrial é o custo, e a melhor forma de obter um custo real relativo ao projeto é um escopo no qual se tem todos os possíveis gastos previstos. Conclui-se que para análise de um projeto de automatização de processo, deve estudar o investimento, não apenas da instalação ou implantação, porém, processos de manutenção e operação. Esses dois últimos processos podem ser onerosos ao projeto, levando a um valor bem discrepante do custo real.

Neste texto foi apresentada uma introdução básica sobre o que é a indústria, com foco no ramo têxtil, foi apresentada a COTEMINAS e a sua estrutura organizacional e fabril na unidade de Campina Grande; o processo de arriada com todas as suas necessidades de melhoramento; a motivação e o desenvolvimento do projeto como um todo, assim como sua análise financeira.

Em relação aos resultados, o ponto negativo do projeto é diminuição de postos de trabalho na empresa, mas tudo foi observado para que o mínimo de pessoas perdesse seus empregos. Tendo como base a ideia de que tudo foi feito para manter o maior número de postos de trabalho, ao passo que o ocorresse ganho de produtividade e faturamento, o projeto oferecido supre e até supera as expectativas de rendimento funcional e lucro, o que o torna perfeitamente viável para a implementação em uma indústria têxtil do porte da unidade Campina Grande da COTEMINAS.

Diante dos fatos analisados, a adoção do projeto deve ser feita na planta da Wentex e o mesmo projeto deve servir como base para a implantação do sistema na Embratex em um futuro próximo, fazendo com que a COTEMINAS caminhe a passos largos, rumo à automatização de todo o processo.

Como forma de ampliar o projeto em questão sugere-se que seja realizado um estudo mais detalhado de outras atividades que podem ser automatizadas e melhoradas com o tempo.

Desse modo, sugere-se trabalhos que analisem a viabilidade econômica de um sistema de automação para a fiação da unidade Embratex da Coteminas Campina Grande, buscando também, analisar os ganhos relativos à implementação de um sistema como este, em unidade menor, e que contará com filatórios a rotor, além de *Open-end*.

Outro importante estudo a ser realizado, seria sobre a expansão do sistema de automação para as áreas de armazenamento, embalagem e expedição, pois, com o *Know-how* aprendido neste projeto, é possível aplicar os conhecimentos para integrar os sistemas de automação, tornando o processo ainda mais eficiente.



## 8 REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. A. **Enciclopédia de Automática Controle & Automação**. São Paulo: BLUCHER, 2007. ISBN 9788521204084.

ALLEN-BRADLEY. **Manual Técnico 442LSFZNMN**. Allen-Bradley. [S.l.]. 2016.

BALBINOT, A.; V, B. J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

BOUCHARD, S. **7 Types of Industrial Robot Sensors**, 30 Setembro 2014. Disponível em: <<http://blog.robotiq.com/bid/72633/7-Types-of-Industrial-Robot-Sensors>>. Acesso em: 15 Setembro 2017.

COTEMINAS S/A. A Companhia: A História. **Site da COTEMINAS**, 2010. Disponível em: <[http://www.mzweb.com.br/coteminas/web/conteudo\\_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=26982](http://www.mzweb.com.br/coteminas/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=26982)>. Acesso em: 30 Agosto 2017.

COTEMINAS S/A. Organograma Empresarial. **Site da COTEMINAS S/A**, 2017. Disponível em: <<http://www.coteminas.com.br/scripts/cgiip.exe/WService=coteminas/cot/emp/organograma.htm?dum=201792774426>>. Acesso em: 29 Agosto 2017.

DE PAULA, G. B. Demonstrativo de Fluxo de Caixa: o que é, como usar e dicas para sua empresa! **Treasy**: Planejamentos e Controladoria, 11 Agosto 2013. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/demonstrativo-de-fluxo-de-caixa>>. Acesso em: 21 Setembro 2017.

DE PAULA, G. B. Indicadores de Desempenho - O Guia definitivo para sua empresa. **Treasy**, 07 Junho 2015. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/indicadores-de-desempenho>>. Acesso em: 18 Setembro 2017.

FERREIRA, A. B. D. H. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2014.

FERREIRA, T. V. **Estimação Inteligente da Poluição de Isolamentos Elétricos Baseada nos Vecse do Ruído Ultrassônico**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2011.

FRANÇA, F. A. **Instrumentação e Medidas: grandezas mecânicas**. Campinas: UNICAMP, 2007.

GARCIA, C. **Controle de Processos Industriais**. São Paulo: Blucher, v. 1, 2017.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing**. [S.l.]: Prentice Hall, 2001.

GUIMARÃES, J. F. MPC – COMO FAZER UMA APLICAÇÃO COM SUCESSO, n. 150, 2013. ISSN 2177-8906.

IFM ELECTRONIC. **Manual Técnico OY290S**. ifm electronic. [S.l.]. 2017.

KOREN, Y. **Robotics for Engineers**. Nova York: Mcgrw-Hil, 1985.

- LAPPONI, J. C. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- MATARIC, M. J. **Introdução à Robótica**. São Paulo: Unesp, 2014.
- MORE, C. **Understanding the Industrial Revolution**. Londres: Routledge, 2000.
- MOTTA, R.; CALÔBA, G. **Análise de Investimentos: Tomada de Decisão em Projetos Industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.
- PEREIRA, J. M. **Finanças públicas: a política orçamentária no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2003.
- QUEIROZ, J. C. **Integração de Sistemas**. PUC Minas. Belo Horizonte. 2011.
- RIBEIRO, L. G. **Introdução à Tecnologia Têxtil**. [S.l.]: SENAI, 1984.
- RODRIGO. Revolução Industrial. **Blog do Sor Rodrigo**, 10 Outubro 2016. Disponível em: <<http://blogdosorrodriego.blogspot.com.br/2016/06/revolucao-industrial-ate-meados-do.html>>. Acesso em: 24 Agosto 2017.
- ROMANO, V. F. **Robótica Industrial**. São Paulo: Blusher, 2002.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. **Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 2007.
- SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.
- SCHLAFHORST. **Manual Técnico Open-end SE9**. Schlafhorst. Uebach-Palenberg. 1991.
- SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Nova York: Crown Business, 2017.
- SINCLAIR, I. R. **Sensors and Transducers**. Oxford: Newnes, 2001.
- SUZIGAN, W. **Indústria brasileira: origem e desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense, 1986.
- TESOURO NACIONAL. Tesouro Direto. **Tesouro Direto - Calcule a sua rentabilidade**, 2017. Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-calculadora>>. Acesso em: 26 set. 2017.
- WILDE, R. ThoughtCo. **Textiles During the Industrial Revolution**, 2017. Disponível em: <<https://www.thoughtco.com/textiles-during-the-industrial-revolution-1221644>>. Acesso em: 21 Agosto 2017.
- YASKAWA AMERICA INC. **Manual Técnico Robô MH24**. YASKAWA AMERICA INC. Miamisburg. 2017.
- YASKAWA AMERICA INC. **Manual Técnico Controlador DX200**. YASKAWA AMERICA INC. Miamisburg. 2017.