



CLAYTON HENRIQUE DA SILVA

**AUTOMATIZAÇÃO DA INSERÇÃO DE FOLHA DIVISORA
ENTRE PALLETS**

LAVRAS – MG

2021

CLAYTON HENRIQUE DA SILVA

AUTOMATIZAÇÃO DA INSERÇÃO DE FOLHA DIVISORA ENTRE PALLETS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia Controle
e Automação, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Vinicius Miranda Pacheco

Orientador

LAVRAS – MG

2021

CLAYTON HENRIQUE DA SILVA

AUTOMATIZAÇÃO DA INSERÇÃO DE FOLHA DIVISORA ENTRE PALLETS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 12 de Maio de 2021.

Prof^a Juliana Galvani Greggi UFLA

Prof^a Silvia Costa Ferreira UFLA

Prof. Vinicius Miranda Pacheco
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

A vida nos ensina que se dermos um passo de cada vez podemos ir longe. Por esse motivo gostaria de dedicar esse trabalho aos meus pais, que me ensinaram dar o primeiro passo e me motivaram a caminhar até nesse momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser minha força em toda caminhada. Ao meu orientador Vinícius Pacheco por ter aceito estar comigo nesse trabalho e pelo apoio durante esse período em graduação. À Juliana Galvani Greggi, que em muitos momentos me concedeu a oportunidade de me desenvolver durante a graduação, seja confiando em mim em seus projetos ou incentivando as mudanças necessárias. Aos amigos que fiz na turma de 2014/2, vocês são demais, em especial a turma do “*Perdidos na UFLA*” e do “*Trabalho do Mal*”, essa graduação não seria a mesma sem vocês e eu não chegaria a esse TCC sem o apoio de vocês. À Robótica Júnior, empresa da qual só guardo boas recordações e experiências, a trago tatuada no coração. Obrigado.

No meio do medo e da vergonha, todos estão procurando alguém pra culpar, como se isso fosse um jogo. E agora eu posso ser melhor do que vencer ou perder. Há uma nova direção que eu prefiro escolher! Ela se chama a verdade! (Rebecca Sugar)

RESUMO

A incorporação de tecnologias autônomas e automatização nas cadeias produtivas não é um assunto recente e, comumente, há linhas de produção inteiras sem interferência direta do homem no processo produtivo. Mundialmente as empresas estão vivendo uma nova adaptação nessas linhas, que traz a elas a conectividade dessas tecnologias à "internet das coisas". Esse avanço, ou até mesmo evolução, vem como um complemento à automatização da cadeia produtiva, tornando-a um necessário primeiro passo. As empresas que tem em seu processo fabril linhas de produção visam melhorias capazes de trazer produtividade e eficiência, além de proporcionar qualidade de vida aos seus colaboradores. Nessa vertente, esse trabalho tem como objetivo principal a elaboração de uma proposta de automatização da inserção de folhas entre as camadas de produto empilhadas em paletes por meio de robôs colaborativos. Essa aplicabilidade poderá viabilizar a liberação da obra humana que hoje realiza a atividade de forma repetitiva, cerca de 1200 vezes durante a jornada de trabalho, além de proporcionar à empresa uma sistematização do processo e a possibilidade de readaptação, ou realocação, de funcionários da função propriamente dita. A proposta será suportada pela metodologia do sistema de gestão Manutenção Produtiva Total (*TPM*), mais específico o pilar de gerenciamento antecipado de equipamento, pois a gestão de projetos e melhorias da empresa onde a proposta foi elaborada foi feita em uma variação dessa metodologia. Assim, os resultados apresentaram uma proposta que contempla a análise econômica, viabilidade e equipamentos necessários para automatizar a inserção de folhas entre as camadas de produtos em uma empresa alimentícia.

Palavras-chave: Automação, Robô Colaborativo, Paletizadora.

ABSTRACT

The incorporation of autonomous technologies and automation in the production chains is not a recent issue and, commonly, we find entire production lines without direct human interference in the production process. We are experiencing a new adaptive, which brings us the connectivity of these technologies to the "internet of things". This advance, or even evolution, comes as a complement to the automation of the production chain, making it a necessary first step. Companies that have production lines in their manufacturing process aim at improvements capable of bringing productivity and efficiency, in addition to providing quality of life to their employees. In this aspect, this work has as main objective the elaboration of a proposal for automation of the insertion of sheets between the product layers stacked on pallets by means of collaborative robots. This applicability may enable the release of the human work that carries out the activity repetitively today, about 1200 times during the working day, in addition to providing the company with a systematization of the process and the possibility of readaptation, or relocation, of 8 employees of the company. function itself. The proposal will be supported by the TPM methodology, more specifically the EEM pillar, because the management of projects and improvements of the company where the proposal was made was made in a variation of this methodology. Thus, the results presented a proposal that includes the economic analysis, feasibility and necessary equipment to automate the insertion of sheets between the layers of products in a food company.

Keywords: Automation, Collaborative Robot, Palletizer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pilares TPM	16
Figura 4.1 – Chapatex	26
Figura 4.2 – Divisão entre camadas	26
Figura 4.3 – Ilustração da Posições dos Robôs	30
Figura 4.4 – Simulação dos Robôs na Linha	33
Figura 4.5 – Custo do Projeto	39
Figura 4.6 – Taxa Interna de Retorno	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Possíveis Melhorias no RoadMap	25
Tabela 4.2 – Custo Envolvidos	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Robôs Industriais	14
2.2	Manutenção Produtiva Total	15
2.2.1	Pilar Manutenção Planejada	16
2.2.2	Pilar Gerenciamento Antecipado de Equipamento	17
2.2.2.1	Definição do Projeto: Fase de ideias	18
2.2.2.2	Definição do Projeto: Fase de Proposta	19
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Motivação e Ideia Inicial	24
4.1.1	Descrição da atividade	25
4.1.2	Ideia de Melhoria	27
4.2	Elaboração da ideia	27
4.2.1	Descrição do Ambiente	28
4.2.2	Revisão da Ideia	28
4.3	Escopo	29
4.3.1	Normas a Serem Atendidas	30
4.3.2	Dados Técnicos	30
4.3.3	Definições ao projeto	31
4.4	Proposta	32
4.4.1	Ciclo dos robôs	32
4.4.2	Características dos equipamentos	34
4.4.2.1	Robô Universal UR 10	34
4.4.2.2	Gripper	35
4.4.2.3	Elevador	35
4.5	Custo conceitual	35
4.5.1	Escopo do Fornecimento	36

4.5.1.1	Premissas do Projeto:	36
4.5.1.2	Componentes comerciais do sistema	36
4.5.1.3	Componentes do Personalizados	37
4.5.2	Diretrizes da Proposta	38
4.5.3	Valor Presente Líquido	39
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	44
	APENDICE A – Formulário de MOC	46
	APENDICE B – ROI RAAS	48
	APENDICE C – Valor Presente Líquido	51

1 INTRODUÇÃO

As mudanças na forma de realizar algumas atividades precisam de um gatilho para acontecer, seja ele a necessidade de redução de custos, limitações físicas, ou até mesmo um estudo aprofundado da atividade. A ergonomia muitas das vezes engatilha essas mudanças. De acordo com Iida (2005), diversos fatores influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir as suas consequências nocivas sobre o trabalhador. Assim, ela procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores.

Com a forte presença das tecnologias no nosso dia a dia, a ergonomia não se limita apenas a análise da relação homem-trabalho. O homem está cada vez mais inserido em um ambiente computadorizado e sua relação com este meio traz várias vertentes de estudo, por exemplo, como mesclar esses dois universos a fim de garantir um ambiente de trabalho que pode proporcionar melhor qualidade de vida. A automação não está alheia a este aspecto, pois ela traz ao ambiente fabril uma categoria de robôs capazes de trabalhar no mesmo ambiente que o homem de forma colaborativa.

Os robôs colaborativos são os capazes de realizar atividades conjuntas de forma segura. De acordo com a Elco Indústria (2018), eles devem apresentar características de parada automática de segurança, monitoramento de velocidade, limitação de força e resposta ao esforço. Estes aspectos garantem que os robôs possam trabalhar juntamente com o ser humano nas atividades que são cansativas e ineficazes, contudo apoiando o trabalhador nos serviços ergonomicamente nocivos.

Para uma indústria alimentícia do vale do Paraíba, a ergonomia foi um dos gatilhos que justificou a mudança na forma que ela realizava uma etapa da produção. Uma de suas linhas de produção, a mais antiga, porém de maior produtividade, apresentava uma atividade de inserção de folhas entre as camadas de produtos no processo de paletização. Esta tarefa era realizada de forma manual e repetitiva, exigindo que a cada 15 segundos, em média, houvesse a inserção de uma folha entre as camadas de produtos durante todo o processo produtivo em duas paletizadoras da linha. Devido a esse problema a empresa trabalhou em estudos que buscavam melhorar a atividade imposta aos seus colaboradores, visto que se tratava de um posto de serviço com atividades repetitivas sem um valor agregado significativo, onde o trabalhador estava fadado a apenas repetir a mesma tarefa, de forma desgastante durante toda a sua jornada de trabalho. Nesta vertente, surgiu a ideia responsável por guiar a análise e elaboração de uma proposta de escopo de projeto na qual a atividade pudesse ser executada por robôs colaborativos os quais

inseririam as folhas entre as camadas de produto, de forma a garantir produtividade, eficiência e eliminação da atividade ergonomicamente nociva aos seus coladores.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar a elaboração de um escopo para proposta de projeto que foi baseado na metodologia TPM, abreviação de Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance, em inglês*), a qual se apoia em pilares para gerenciamento do *Chão de fábrica*. O sistema de gestão TPM foi criado a partir das evoluções do Japão pós guerra, onde o aumento de produtividade era o foco. Com isto, foi criada uma estrutura onde "5S", termo de origem japonesa que utiliza palavras que iniciam com "S" que significam a faculdade de apreciar, de julgar, de sentir, que são: seiri (utilização), seiton (organização), seisou (limpeza), seiketsu (saúde) e shitsuke (autodisciplina), era a base que sustentam os chamados pilares pelo sistema gestão, sendo esses pilares as áreas foco da empresa nomeados de acordo com a metodologia (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

Entre esses pilares temos o pilar de gerenciamento antecipado de equipamento (EEM), ele tem a responsabilidade de gerir os equipamentos de forma a garantir sua longevidade e a capacidade produtiva até o momento de sua troca. Para especificação, designação dos equipamentos novos e/ou melhorias, o pilar pode ser classificado como um pilar de engenharia. Estes projetos devem seguir alguns parâmetros dentro desse pilar para se adequarem a metodologia TPM. Desta forma, as propostas de projeto guiadas pelo EEM devem serem feitas a fim de garantir uma boa interação com a operação, manutenção, segurança e qualidade, além de verificar os benefícios associados a ele para a empresa de forma geral (MCCARTHY, 2017). O escopo de projeto apresentado nesse trabalho foi elaborado dentro da metodologia TPM, desta forma ele teve como guia o método descrito pelo pilar EEM (NAKAJIMA, 1988), que será apresentado mas adiante.

Espera-se que, posterior a apresentação deste escopo, a empresa para o qual ele foi elaborado tenha a possibilidade de aplicá-lo como um projeto em sua linha de produção, o que define esse trabalho como uma pesquisa aplicada, onde os problemas e adaptações, ainda que sejam funções gerais, apresentam particularidades específicas da empresa onde os estudos foram realizados.

Dessa forma, o escopo de projeto apresentado nesse trabalho teve como seu principal foco gerar benefícios a empresa, seja beneficiando seus colaboradores, adequando funções ao seu método de gestão ou economia ao orçamento da empresa. Em suma, espera-se que haja sequência nos demais passos do pilar EEM, não abordados por serem posteriores a elabora-

ção do escopo, visto que o escopo teve seus passos aprovados pela empresa para qual ele foi elaborado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Robôs Industriais

A industrialização ocorreu e continua ocorrendo de acordo com as necessidades do mercado, seja por alta demanda de consumo ou simplesmente por capacidade de transformar insumos em capital. No entanto, a evolução no setor está vinculada com a evolução da tecnologia, assim como na revolução industrial de 1760 na Inglaterra, que ocorreu devido a disponibilidade da mão de obra, a invenção da máquina a vapor e outras inúmeras inovações tecnológicas, o que permitiu que essa revolução fosse um fenômeno mundial (CAVALCANTE; , 2011). A indústria se vale de outras tecnologias como aprendizado de máquina e as redes de comunicação de baixa latência, 5G, para sua quarta evolução. Romano e Dutra (2001) apresentam uma visão historia da inserção dessas tecnologias na industria:

“A partir da máquina a vapor desenvolvida por James Watt em 1769, houve um acentuado progresso em termos de automação de processos produtivos. A produção industrial em larga escala e os meios de transporte revolucionaram social e economicamente as relações humanas. Até meados do século XX, o processo de produção foi baseado no emprego de máquinas projetadas especificamente para a fabricação em série de produtos de uma mesma característica, visando uma elevada produtividade, volume e qualidade. Este modelo é denominado automação rígida e foi bastante difundido pelo empresário Henry Ford no início do século. O avanço tecnológico das últimas décadas teve reflexo direto na organização das indústrias, as quais buscam minimizar seus custos industriais através da adoção de diversos modelos de produção. Neste contexto, destacam-se a automação programável, relativa à fabricação em série de pequenos e médios lotes de produtos, e a automação flexível, referida à fabricação de lotes variáveis de produtos diversos. Os robôs industriais têm sido muito utilizados nos processos de automação programável e flexível, pois são essencialmente máquinas capazes de realizar os mais diversos movimentos programados, adaptando-se às necessidades operacionais de determinadas tarefas e empregando garras e/ou ferramentas oportunamente selecionadas.”

Vários estudos apontam que o desenvolvimento, adoção e a difusão de inovações tecnológicas são fatores essenciais para o desenvolvimento econômico e mudanças sociais de uma nação. Essas mudanças tecnológicas têm sido uma característica comum dos produtos e dos setores nos quais os países de alta renda competem no mercado mundial. No Japão, há mais de 300 robôs por 10 mil trabalhadores e na Coréia do Sul são 530 robôs, enquanto no Brasil há apenas 1 para a mesma quantidade (SNEFBRASIL, 2018).

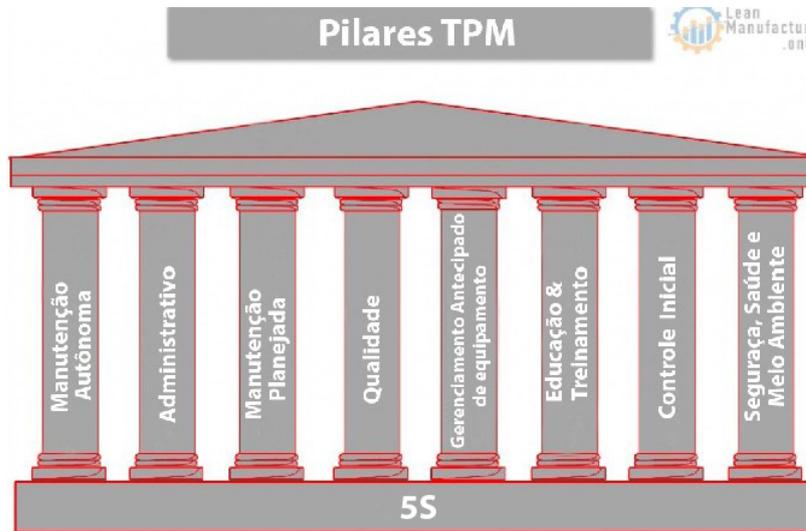
2.2 Manutenção Produtiva Total

O sistema de gestão TPM, abreviação de Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* em inglês), teve origem por meio de duas áreas correlacionadas, a de manutenção e a confiabilidade. A história dessa metodologia está vinculada a evolução do Japão pós guerra. Segundo Nakajima (1988), a história do Japão foi marcada por três fases da manutenção e ao longo dos últimos 100 anos, as manutenções corretiva, preventiva e preditiva evoluíram e resultaram no TPM (NAKAJIMA, 1988). O TPM é uma filosofia japonesa voltada para aumentar a produtividade e qualidade dos bens produzidos e, em contrapartida, minimizar as perdas e reduzir custos (BARTZ; SILUK; BARTZ, 2014; PODUVAL; PRAMOD; RAJ, 2013). Surgiu dentro da empresa "Nippon Denso", parte do grupo "Toyota", com a finalidade de manter a regularidade dos equipamentos (BARTZ; SILUK; BARTZ, 2012; RODRIGUES; HATAKEYAMA, 2006). Inicialmente era classificado como uma ferramenta de manutenção e evoluiu ao longo dos anos para uma ferramenta de gestão, buscando envolver os profissionais de todos os departamentos e níveis hierárquicos organizacionais, visando garantir uma operação efetiva (NAKAJIMA, 1988; JAIN A.; BHATTI; SINGH, 2014). Segundo MCKONE e WEISS (1998),

"Em 1971, o TPM foi descrito da seguinte forma pelo Japanese Institute of Plant Engineers (JIPE): O TPM visa maximizar a efetividade do equipamento (melhorando OEE – Overall Equipment Efficiency) através da definição de um sistema compreensivo entre produção e manutenção, que cubra toda a vida útil do equipamento e abranja toda a área relativa ao equipamento (planejamento, uso, manutenção, etc.) e com a participação de todos os colaboradores desde a alta gestão até os trabalhadores do chão da fábrica para promover a manutenção produtiva através de gestão motivacional ou atividades de grupos de voluntários."

As práticas básicas do TPM são conhecidas como pilares. A implantação completa do programa passa por oito pilares fundamentais. Estes pilares abrangem todas as operações da empresa como, produção, manutenção, qualidade, segurança, ambiente, saúde, projetos, planejamento e administração dos escritórios (SHAABAN; AWNI, 2014). Esses conceitos são mostrados na figura 2.1.

Figura 2.1 – Pilares TPM



Fonte: leanmanufacturing (2019) (Adaptado)

Cada pilar apresenta uma diretriz onde atua de forma distinta, porém coesa, com a metodologia, garantindo assim a confiabilidade dos equipamentos e a gestão dos recursos da empresa. Na visão de projetos e melhorias temos dois pilares com vínculo direto, o Pilar de Manutenção Planejada (PM) e o de Gerenciamento Antecipado de Equipamento (EEM), ambos voltados para a manutenção. O conceito de TPM traz como necessária a boa estruturação de cada um desses pilares, abrangendo o pilar base, 5S, os centrais, pilares colunas descritos na imagem 2.1, e o pilar de liderança, o teto. Este trabalho foca no entendimento do pilar de manutenção planejada e do pilar gerenciamento antecipado de equipamentos, visto que a organização é essencial para o sistema de gestão em si, mas tira o foco da gestão de projetos. Desta forma, prosseguiremos com o entendimento básico dos 2 pilares focais para este trabalho.

2.2.1 Pilar Manutenção Planejada

O Pilar de manutenção planejada, ou *Planned Maintenance do inglês*, é responsável por garantir a confiabilidade dos equipamentos, utilizando inteligência ao aplicar a manutenção corretiva, preventiva e preditiva, além de suportar o pilar de manutenção autônoma, com as manutenções básicas de inspeção, lubrificação e limpeza. O combate às perdas e ineficiência deve ser o foco desse pilar, utilizando-se de recursos como a medição do tempo médio entre falhas, para identificar quais os equipamentos estão impactando em perdas na produtividade, buscando melhoria contínua e antecipação de possíveis problemas crônicos na linha produtiva. Para a implementação desse pilar existem algumas etapas básicas, segundo (TALES, 2017):

- Levantamento da condição atual
- Estabelecimento de uma organização de melhoria individual
- Estabelecimento de um sistema de controle de informação
- Estabelecimento dos planos de manutenção
- Estabelecimento de um sistema de manutenção preditiva
- Mensuração dos resultados da manutenção..

O pilar também traz em seu escopo a responsabilidade de garantir a eficiência do processo produtivo, garantindo a confiabilidade e possíveis melhorias para que a operação possa extrair o máximo de desempenho e qualidade de cada parte do setor produtivo (TALES, 2017).

2.2.2 Pilar Gerenciamento Antecipado de Equipamento

O pilar de gerenciamento antecipado de equipamento, *EEM - Early Equipment Management*, é utilizado na metodologia TPM para apoiar a engenharia na implementação de um novo projeto, onde as fases estipuladas pelo pilar guiará a equipe durante o projeto, de forma a envolver todos os outros pilares na hora adequada, garantindo que o novo projeto contemplará todas as necessidades da metodologia TPM (*manutenção, qualidade, segurança e possibilidade de melhorias contínuas*) (LEANMANUFACTURING, 2019). O EEM auxilia a equipe de gerentes e engenharia a manter o projeto dentro da previsão de custo, tendo em vista que muitos engenheiros, principalmente os que estão em seu primeiro trabalho, tendem a não conseguir cumprir os projetos, garantindo o retorno do investimento. Deve-se considerar, ainda, que dentro dos 3 primeiros anos ocorre perda de eficiência, o que impacta diretamente no custo previsto para a manutenção (MCCARTHY, 2017). Desta forma, os elementos adotados pelo "*Pilar*" seguem uma linha a garantir o retorno sobre o investimento (*ROI*) em menos de um ano de implementação do projeto. Para garantir os resultados o pilar apresenta um sequência de execução na implementação de um projeto:

- Definição do projeto
- Engenharia conceitual
- Detalhamento da engenharia

- Aquisições e construções
- Instalação e comissionamento
- Start up e entrega
- Operação e revisão.

Esses elementos podem ser adotados em forma de manual, a fim de garantir um seguimento na sua implementação (LEANMANUFACTURING, 2019). Neste trabalho em questão, foram abordados os dois primeiros pontos para implementação de um projeto dentro da metodologia TPM. Desta forma, entender os passos detalhadamente se faz necessário em ambas as etapas aplicadas na proposta.

2.2.2.1 Definição do Projeto: Fase de ideias

Desenvolver Ideia

Qualquer pessoa na unidade de negócio pode enviar uma ideia, desde que haja um benefício associado a ela. Se o indivíduo precisar de assistência para formular a ideia, a companhia poderá trabalhar como guia ou mentora para o indivíduo. A cadeia de produção conduz os projetos estratégicos por meio de fabricação, engenharia e outras funções da cadeia de suprimentos e esses projetos podem ser de capacidade, novos projetos, de flexibilidade ou serem propostos por natureza.

Formulário Completo

Nessa etapa a empresa deve garantir que exista um formulário, que possa contemplar as informações necessárias para sua continuidade como: o nome da pessoa que enviou a ideia, o departamento, data de envio, supervisor e título da sugestão. Além dessas informações básicas devem ser expressas, a situação atual do ambiente/equipamento que sofrerá melhoria, a solução proposta e os benefícios. O objetivo do formulário é padronizar a ideia inicial.

Revisão (Estabelecer Justificação)

Cada Formulário de Ideias deve ser avaliado por seu próprio mérito, ou seja, pelos benefícios que proporcionará ao negócio. Um engenheiro ou o líder do pilar analisará a ideia com os responsáveis pela área impactada para determinar os benefícios. Caso a ideia não mostre

benefícios suficientes a serem perseguidos, o formulário será retornado ao remetente com comentários. Caso a ideia tenha benefícios, ela será avaliada como essencial para o negócio. Caso não haja necessidade imediata, ela é colocada em um Banco de ideias para revisão periódica e para sua inclusão em futuros Planos de Capital. Caso a ideia tenha benefícios e seja avaliada como crítica para o negócio, ela será adicionada à Lista Ativa.

Banco de Ideias

O banco de ideias seria um repositório onde todos os formulários seriam cadastrados. No entanto, as ideias que não têm necessidade imediata serão mantidas no Banco de Ideias, enquanto as que devem ser executadas passarão para a próxima etapa. Esta lista presente no banco de ideias deverá ser revisada periodicamente para avaliar a finalidade e a necessidade.

Lista Ativa

O engenheiro usa a ideia, analisa os requisitos de capital da mesma e define os limites de autorização e gasto para o projeto. Caso os limites de autorização e gastos estejam dentro das necessidades do projeto, ele poderá ser colocado no Plano de Capital ou na Lista Ativa, para consideração nos anos subsequentes.

2.2.2.2 Definição do Projeto: Fase de Proposta

Até esse momento a ideia está compondo um lista, ou em outras palavras, um banco de dados. Nessa fase a ideia será aprofundada como uma possibilidade de aplicação, o qual implicará em validações tanto técnicas, como gerenciais.

Definir Âmbito de Aplicação

A definição do escopo também é conhecida como Engenharia Preliminar e Conceitual. A engenharia deve levantar os documentos dos equipamentos, do processo e das sub-funções impactadas. Analisar as perdas que atualmente ocorrem e compara-las com possíveis perdas após implementação da ideia. O engenheiro, em seguida, deve considerar o sistema de gestão, como os indicadores de performance (*KPI - Key Performance Indicators*), as metas e os riscos, de forma que a nova solução não impacte negativamente. Pode-se considerar o uso de protótipos, consultorias, ou até mesmo, a visita de empresas qualificadas para garantir a melhor opção para escopo da ideia.

Custo Conceitual e Estimativa de Programação

Após a definição do escopo do projeto, etapa anterior, e afixando os custos apropriados recebidos dos fornecedores e do gerenciamento da construção, o engenheiro desenvolve a estimativa de custos e define a análise técnica do projeto. O engenheiro, em seguida, conclui as seguintes seções do Resumo do cliente: Custo, as atividades Operacionais (análise técnica), Engenharia (análise técnica), Cronograma do projeto e a forma de Gerenciamento.

Revisão Local da Administração

Na revisão de Gerenciamento Local, o projeto será revisado por seu valor para os negócios. Caso não seja aprovado como um projeto viável, será enviado ao banco de ideias para referência ou consideração futura. Caso não seja aprovado devido a razões de escopo, será realocado para redefinir o escopo para nova revisão. Caso haja acordo sobre o conteúdo do Resumo do Cliente pela Equipe do Projeto, o projeto continuará no processo.

Preparar Proposta

A liderança e os engenheiros, com a assistência da Contabilidade, calcula o ROI (*retorno sobre investimento*) associado ao projeto. Eles devem verificar o mercado a fim de encontrar possíveis fornecedores do projeto, realizar análise financeira e análise de marketing. O engenheiro conclui a Seção incluindo o cliente em um lista de cliente viáveis junto com a análise Financeira e de Mercado.

Proposta de Capital de Revisão

Na Revisão de Gerenciamento Local, o projeto será revisado por seu valor para o negócio. Caso não seja aprovado, será movido para a etapa seguinte, "Modificação necessária". Caso o projeto atenda a todos os critérios de viabilidade, benefícios, escopo, cronograma e custo, a Equipe do Projeto do empresa irá analisá-lo, quando o projeto estiver na etapa de "Revisão do Projeto".

Modificação Necessária

Caso o projeto não seja aprovado e as modificações forem solicitadas, o projeto será recolocado no processo na Seção "Definir escopo" para modificações. Caso não seja aprovado e modificações não forem solicitadas, o projeto retornará ao "Banco de Ideias".

Monte a Equipe do Projeto

A equipe do projeto deve ser montada antes do início do *design* detalhado do projeto. Todos os membros da equipe não serão membros da equipe do pilar do EEM, mas o Coordenador do Projeto deve ser um membro da equipe do EEM ou da equipe do pilar da AM (Manutenção Autônoma). A equipe deve ser composta pelos seguintes membros: Gestor de Projeto, Líder do Pilar EEM, Líder de Engenharia, Manutenção, Compras, Desenvolvimento (quando necessário), Contabilidade, Líder e Engenheiros, Gerenciamento de Construção e Representantes do contratante.

Revisão do Projeto

Na revisão do projeto, a Equipe do Projeto revisa todos os detalhes do mesmo (desenhos, padrões, Resumo do Cliente) para verificar se estão completos e precisos. Se houver imprecisões, as ações apropriadas serão tomadas para corrigir e uma nova revisão será agendada para garantir a precisão. Antes de o documento ser enviado aos demais aprovadores, ele deve ser revisado para garantir que a conformidade com o EEM seja incluída e compreendida por todos envolvidos na aprovação. Caso não haja problemas, o projeto será enviado para Aprovação local.

Aprovação

Os documentos do projeto, revisados na seção anterior, deverão ser combinados com o Resumo do proponente e circulados para aprovação local. Quando todas as partes interessadas locais aprovarem o projeto em seu âmbito ele é enviado ao gerente da fábrica, à cadeia de suprimentos e / ou à equipe de negócios para aprovação.

Aprovadores locais: Gerente de Departamento / Gerente de Fabricação, Gerente de engenharia, Gerente de SHE (*safety (S), health (H) and Environment (E)*), Gerente TPM e Gerente financeiro.

3 METODOLOGIA

A elaboração do escopo da proposta visa a aplicação do conhecimento adquirido pelo autor durante a graduação e dos conhecimentos da equipe que auxiliou durante as etapas de criação do escopo. A equipe foi disponibilizada pela empresa alimentícia do vale do paraíba durante o desenvolvimento do escopo da proposta. Espera-se que esse trabalho possa ser para a empresa um conhecimento de utilidade econômica e social e o mesmo aos leitores desse material, seguindo as vertentes de uma pesquisa aplicada.

A metodologia do Pilar EEM foi a base teórica utilizada para guiar as atividades desse trabalho. Sua aplicação foi como de um manual de instrução, trazendo, passo a passo, que foi executado para garantir a criação de um escopo minimamente viável a se tornar uma proposta real de projeto. Desta forma, a definição de projeto foi realizada seguindo os passos descritos anteriormente, (Seção 2.3.2.1). Nesse tópicos são abordadas tarefas necessárias que não foram descritas explicitamente como deveriam ser executadas. A coleta de dados de dimensionamento do equipamento, dados do tempo do ciclo de trabalho da máquina, definição do tipo de material do *chapatex*, o peso das folhas, o peso do palete vazio, as dimensões das folhas, entre outras informações são exemplo dessas tarefas não detalhadas, no entanto, necessárias para a implementação do projeto na área de produtiva. Essas informações foram tratadas de forma quantitativa, através de medições. Outros dados necessários como parâmetros das máquinas, entradas digitais nos equipamentos de controle entre outros foram dados fornecidos pela empresa, pois ela possuía documentação do equipamento que sofreria a melhoria. Alguns preceitos dos pilar PM e AM também foram considerados, pois a ideia era oriunda da interação da manutenção da empresa e a operação da linha de produção. A identificação de uma atividade sem valor agregado ao sistema de gestão adotado pela empresa e que poderia vir a causar algum problema de saúde laboral dependia diretamente da interação das áreas. Portanto a interlocução do elaborador do escopo da proposta, o autor, com ambas as áreas da empresa pra garantir a seleção da atividade de maior impacto para tornar-se um escopo de projeto era fundamental ao trabalho.

Tendo em vista que até essa etapa do procedimento guia do pilar EEM não se tem um escopo propriamente dito, o item 2.3.2.2 também foi abordado até a seção “*Proposta de Capital de Revisão*”, tendo assim a possibilidade de propor uma solução para a atividade e aos problemas levantados em forma de um escopo de proposta de projeto. Cabe também citar que na etapa de “*Definir Âmbito de Aplicação*” houve apoio de uma empresa especializada em au-

tomação industrial para cálculos de dimensionamento e definições de equipamento necessário à implementação, sendo esses assistidos pelo autor, a empresa em questão apoiou nessa etapa por intenção de concorrer como fornecedora do projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão abordadas as etapas para criação do escopo do projeto e para uma possível proposta, baseando-se no guia do pilar EEM, (seção 2.3.2). Inicialmente, realizou-se uma avaliação da ideia proposta pelo pilar PM de forma a entender as necessidades da empresa, além do levantamento da situação da linha de produção. Em seguida, foi realizada a elaboração do escopo, definindo as necessidades da engenharia conceitual, direcionando assim aos custos do projeto e possíveis retornos sobre investimento.

4.1 Motivação e Ideia Inicial

O escopo da proposta foi resultado dos estudos realizados em uma linha de envase de uma empresa de bebidas. A linha era antiga, instalada há cerca de 35 anos, desde o início operacional da empresa. Ela estava entre as 5 linhas presentes na empresa, sendo responsável pela produção mais vendável, com capacidade produtiva de 12000 produtos/horas na enchedora. A linha produtiva era composta pela seguinte sequência de equipamentos: lavadora, enchedora, enroladoras, transportes, pasteurizadora, embaladora, paletizadora e envolvedora. A série de equipamentos funcionavam de forma automática, desde a lavagem até a saída do produto na envolvedora, salvo o abastecimento do palete com os vasilhames vazios, o abastecimento das embalagens, a inserção da chapa de fibra de madeira de alta densidade (*Chapatex*) e troca de filme de envolvimento dos paletes de produtos embalados, além da coleta de dados de produção, que eram salvos em planilhas eletrônicas.

Pelas características escaláveis, produtividade e redução de custos agregados fazem constantemente parte da realidade dessa linha. Para garantir o desempenho e capacidade nominal da máquina a empresa se apoia na metodologia de manutenção produtiva total, a qual traz um princípio de ter operadores que atuam como donos do equipamento, não como executores de tarefas sistemáticas. Para possibilitar tal fim, cada seguimento contava com um time de, ao menos, 3 operadores, distribuídos pelos turnos, além de 3 operadores com maior conhecimento sobre a linha como um todo, agindo como líder da mesma, sendo um por turno. Os operadores eram responsáveis por realizar as mudanças de parâmetros na troca de produto, acompanhar possíveis falhas de produção, limpeza, inspeção, lubrificação e reapertos (MCKONE; WEISS, 1998). No entanto, na paletizadora, havia a necessidade de mais dois operadores integralmente alocados na tarefa de inserção de folha divisora entre paletes. Esses eram funcionários subcontratados, ou seja, terceiros.

Em posse do conhecimento do funcionamento, capacidade, importância e necessidade da linha foi possível constatar algumas oportunidades de melhorias, as quais permitiriam um passo evolutivo da linha, tais como:

Tabela 4.1 – Possíveis Melhorias no RoadMap

Soluções	
	Robô Carga Embalagens
	Robô Folha separadora
	MiR
	Call Off
	DMS/OEE/MES/Coleta-dados
	Sistema Visão

Fonte: Do Autor (2019)

4.1.1 Descrição da atividade

Entre todas as possíveis melhorias levantadas no roadmap, a atividade na paletizadora tinha a maior possibilidade de se tornar um projeto. Ela era uma atividade que o pilar AM considerava inadequada a metodologia e danosa aos funcionários. A atividade, durante a execução do trabalho, necessitava de três operadores ocupando o posto na seção da linha onde ocorria a paletização do produto. Um deles era responsável por garantir a produtividade da linha, verificando perda de desempenho, troca de filme na envolvidora, entre outras operações, se adequando ao TPM, no entanto, os demais eram responsáveis apenas pela inserção do *chapatex* entre as camadas de produto, (Figura 4.1), sendo cada um responsável por uma paletizadora.

Figura 4.1 – Chapatex



Fonte: GOETZ (2021)

A atividade considerada inadequada, realizada pelos dois operadores, inicialmente tinham as folhas de *chapatex* levadas em um palete até as paletizadoras por um operador de empilhadeira, que depositava o palete sobre o mezanino a 3 metros de altura do piso base em um dos lados da paletizadora. A altura citada era a mesma para a seção da paletizadora que compreendia as duas esteiras de entrada de produto, as mesas de transporte, a mesa de formação de camada, o diafragma de formação de camada do palete e a área de operação onde os operadores atuavam. Os operadores, de forma manual, transferiam as folhas para um espaço entre as paletizadoras. Desta forma, ambos poderiam trabalhar com as folhas de um mesmo ponto. A tarefa de inserção da folha era executada retirando uma folha da pilha e colocando-a sobre a camada de produto formado na paletizadora, garantindo que todas as camadas seriam separadas por uma folha, figura 4.2.

Figura 4.2 – Divisão entre camadas



Fonte: Ângulo Reto (2021)

Pode-se definir que as atividades em questão consistiam em duas tarefas: transferir os *chapatex* de um ponto a outro, e inseri-lo na camada de produto. A primeira, ainda que não fosse

constante, tratava-se de uma atividade com carga, a qual era executada pelo menos 4 vezes ao turno. A segunda, era feita com uma folha por vez, o que diminui o peso significativamente, realizada, em média, 4 vezes por minuto por cada operador. As atividades são de movimentos repetitivos com giro de tronco, uma tarefa sistemática com pouca qualidade laboral.

4.1.2 Ideia de Melhoria

O Pilar PM via nessa atividade como uma oportunidade de melhoria pelo fato dela ser de baixo valor agregado em relação a metodologia de gestão, por ter impacto à saúde laboral e ter um custo operacional elevado, essa tarefa gerava um contrato com uma empresa terceira de R\$ 30.000,00/mês. Nesse sentido, o pilar propôs a substituição do posto de trabalho por robôs, pois os mesmos são uma ótima ferramenta pra esse tipo de tarefa sistemática, o que permitiria também algumas atualizações na máquina, visando a indústria 4.0. Inicialmente, cogitou-se a hipótese de realizar a instalação de um robô no centro das paletizadoras, atuando em ambas as formações de camada, o que garantiria economia, em termos de manutenção, e baixo investimento inicial. Eles também classificaram a atividade como propensa a gerar uma não qualidade no processo devido ao fato de que quando dois dos operadores estivessem transferindo as folhas para o centro das paletizadoras apenas um faz a inserção de folhas entre as camadas em ambas podendo, assim, falhar. Estes levantamentos compuseram os dados iniciais do formulário de Gestão de Mudança/Melhoria (*MOC*), como exemplo no apêndice A, onde o título da melhoria seria o mesmo desse trabalho. O sistema de *MOC* garante que os dois primeiros passos, Desenvolver Ideia e Formulário Completo, do item 2.2.2.1, assim como o quarto item, Banco de ideias, tenha um sistema de gestão de dados e seja realizado de forma padronizada, exemplo: Formulário de *MOC* no Apêndice A. Esse sistema de gestão garante que os próximos passos do projeto sejam seguidos até que esse seja entregue ao Programador de manutenção (*PCM*) para implementar a melhoria ou, nesse caso em específico, a engenharia, pois este não se trata de um trabalho passível de ser realizado com a mão de obra da empresa.

4.2 Elaboração da ideia

Tendo em vista que a ideia tinha potencial ao negócio, ela foi avaliada tecnicamente, sendo revisada pela ótica do engenheiro, onde seria possível avaliar a possibilidade de implementação e sugestão de mudanças necessárias, como avaliação do ambiente de trabalho, capacidades das máquinas, entre outros aspectos. A atividade em questão foi de responsabilidade do

Pilar EEM e teve como líder o autor, o qual foi responsável por garantir que cada etapa seguinte fosse executada adequadamente até a entrega do escopo escrito à empresa de alimentos do Vale do Paraíba.

4.2.1 Descrição do Ambiente

O robô deveria ser instalado em um ambiente operacional que consistia em um conjunto de transporte, que se dividia em “V”, alimentando duas paletizadoras com a mesma capacidade de produção e característica, as quais realizavam a montagem de camada de produtos devidamente entrelaçada por um sistema de indexação mecânico. A quantidade de produto necessário à camada era contado por meio de fotocélulas.

Quando completa, um funcionário era responsável por inserir o *chapatex* e, posteriormente, a camada era arrastada por uma haste, movida por conjunto motorreductor e correia, com auxílio da aceleração dos rolos da mesa, onde ela estava depositada para transferir à parte do elevador de palete. Em suma, pode-se dizer que há um sistema de entrada, a mesa de indexação dos produtos, a mesa de depósitos de camada e o sistema de transferência pra o elevador de palete, sendo este o conjunto de equipamento necessário para a comunicação de trabalhos do robô.

4.2.2 Revisão da Ideia

Esse ambiente de trabalho descrito acima era a local disponível para realizar a proposta de melhoria, a qual se deparava com alguns entraves como o fato de as máquinas não terem sido planejadas para a interação de robôs e pessoas, tendo em vista que o projeto inicial não previa a inserção futura de robôs, e que a área disponível para a instalação dos mesmos era necessária para locomoção de um operador como supervisor da produção. Mesmo sem a atividade em questão, a paletizadora estava sobre um mezanino alto e ela operava com dois lados de paletização em “V”, onde apenas um dos lados possuía acesso a empilhadeira que abastecia o palete com folhas, e necessitava que pessoas levassem as folhas ao centro do "V".

Esses entraves impossibilitavam um sistema de proteção eficaz e a operação conjunta na área de atuação do robô. Por exemplo, para inserção de folhas nas duas paletizadoras por um robô o mesmo deveria ser da categoria *agile*, como os KUKA KR (KUKA, 2020) que, por norma, não podem ser instalados sem EPC (equipamento de proteção coletiva) em toda sua área de atuação.

Nesse aspecto, a transferência das folhas não poderia ser feita por pessoas, gerando a necessidade do uso de máquinas para isso, como um robô cartesiano, o que inviabilizaria o trabalho da operação no local. Outra característica que poderia vir a ser um desafio enfrentado pelo possível projeto era que essa era a última linha na sequência da cadeia de produção, onde a pressão do ar gerado pela fábrica resultava em maior perda. Sendo assim, a máxima pressão de operação era 6.1 bar e mínima de 5.6 bar.

Seguindo a linha de raciocínio, fez-se mais coerente o uso de dois robôs, sendo cada um colocado no lado externo da paletizadora de operação respectivamente, conforme ilustrado na Figura 4.3. A linha de produção ainda apresentava um desafio, pois um dos lados externos tinha o mezanino, onde poderia depositar o palete, e havia espaço suficiente para a atuação de um dos robôs, podendo até mesmo utilizar todos os EPCs sem interferência na operação. Isso não era semelhante na outra posição: do lado direito do equipamento seria necessário um sistema de elevação do palete até a posição do robô possibilitando o trabalho e garantindo a segurança.

Para validar a ideia como tecnicamente viável, checkou-se com a equipe técnica de automação da empresa a possibilidade de usar saída do CLP (*Controlador Lógico programável*) da máquina para os dados de contagem de produto na saída do transporte e acionamento da haste de transferência de camadas, pois estes eram tidos como importantes *inputs* para os robôs, além da verificação junto a segurança do trabalho os tipos de normas e EPC a serem aplicados. As respostas foram positivas na visão do projeto, o que resultou na continuidade da proposta, que deveria garantir que o custo do investimento diluído em um ano não ultrapasse R\$360.000,00 e seus custos de manutenção posteriores fossem menores que R\$ 30.000,00, visando que o projeto tivesse menor custo que a mão de obra aplicada, gerando economia para a companhia (retorno sobre investimento).

4.3 Escopo

Ao compreender as necessidades e a situação da linha de produção da empresa, as definições do pilar EEM guia-nos até a engenharia preliminar, tendo em vista que essa seria uma ideia viável e não ficaria no banco de ideias. Foram levantados os dados de operações para as definições no âmbito de aplicação, além das normas e diretrizes que esse projeto deveria seguir. No entanto, se houver alguma necessidade de outra regulamentação na proposta, deve ser acrescentado ao projeto.

Figura 4.3 – Ilustração da Posições dos Robôs



Legenda: Imagem ilustrativa da área de paletização, utilizada para demarcar, em verde, a zona de atuação dos robôs.

Fonte: Empresa Especializada em automação Industrial (2019)

4.3.1 Normas a Serem Atendidas

O projeto deve seguir as normas e procedimentos abaixo:

- Manufacturing Instruction
- Normas regulamentadoras (NRs ,NBRs e ABNT);
- Civil Reference BOOK

4.3.2 Dados Técnicos

Os dados de tempo de ciclo da máquina não eram medidos por nenhum dos equipamentos operacionais. Dessa forma, foi utilizado cronômetro digital para se coletar o tempo de ciclo e calcular a média simples com propagação de erro para chegar nos ciclos expressos. Seguindo o mesmo princípio foi utilizado uma balança industrial para a pesagem das folhas de *chapatex*.

Medidas Operacionais

- Tempo de formação de camada: 14 ± 3 segundos por camada
- Peso da folha de *chapatex*: 410 ± 1 gramas em media

- Medias da folha de *chapatex*: 1170 x 980 mm
- Dimensões do palete: 1.200 x 1.000 mm
- Altura máxima do palete de *chapatex*: 1350 mm
- Pressão da linha 6.1 a 5.6 bar
- Tensão disponível: 380V, podem ser retirado 220 ou 110 V se necessário

Outro dado essencial seria o desenho da paletizadora, não inserido no trabalho por serem consideradas pela empresa como confidenciais.

4.3.3 Definições ao projeto

O projeto deverá contemplar a memória de cálculo, Análise de risco de Trabalho e de instalação com seus devidos comprovantes de recolhimento. Seguem abaixo os requisitos mínimos para este projeto:

- O projeto deverá oferecer solução capaz de retirar do palete um *chapatex* e depositá-lo sobre o agrupamento de produtos na linha de produção.
- Deve-se garantir a não parada da linha de produção durante a troca do palete vazio por outro cheio. O sistema deve sinalizar de forma visual e/ou sonora quando há a necessidade de troca do palete de *chapatex*.
- A implementação da solução de automação deve ser realizada de acordo com a NR12, garantindo a segurança dos colaboradores durante a execução da tarefa de inserção das folhas, assim como seus travamentos na troca do palete e nas intervenções necessárias.
- O projeto deve contemplar uma solução para que haja viabilidade de trabalhar com o palete em uma dos lados da paletizadora, onde não existe mezanino, sendo que o trecho em questão encontra-se a 3 metros de altura, analisando os desenhos técnicos e recomendações da empresa.
- A solução proposta deverá ter integração com os sistemas atuais de controle da linha de produção.
- O projeto deverá fornecer desenhos, layout, lista de materiais e rotinas de manutenção de todas as soluções apresentadas que não se caracterizam como prestação de serviço, ou seja, de todos os materiais e equipamentos que será necessidade da empresa.

4.4 Proposta

Pela definição do escopo, sabendo que não havia projetos similares anteriores, que todos os regulamentos e/ou permissões municipais, estaduais e federais para a execução eram vigentes e buscando atender as normas foi apresentada a seguinte proposta:

O projeto de automação consistiria na inserção de *chapatex* em agrupamentos de produtos antes da paletização nas paletizadoras “Direita” e “Esquerda”, utilizando dois robôs colaborativos modelo UR10, pois os mesmos podem trabalhar de forma conjunta aos operadores, sanando a problemática trazida na NR12, em relação à segurança. Para garantir a possibilidade de implementação foi sugerido à empresa alimentícia que garantisse a inexistência de barreiras ou dispositivos que dificultassem a movimentação do robô. Desta forma, era necessária a adequação no mezanino do lado esquerdo da paletizadora, do qual deveria ser removida a grade de proteção coletiva. No entanto, esta, obrigatoriamente, deveria ser recolocada durante as paradas da linha, modificando a posição de um dos motores de acionamento da esteira de formação de camada, pois a mesma estava dentro alcance do robô ao pegar um novo *chapatex*.

Contudo, deveria ser incluído nas atividades do operador remanescente a realização da correta indexação, orientação e posicionamento do palete de *chapatex* no mezanino ou elevador, por meio de uma empilhadeira ou transpaleteira, sempre que sinalizado pelo robô.

4.4.1 Ciclo dos robôs

Devido a diferenciação no ambiente de onde os robôs poderiam ser inseridos, a descrição do ciclo de operação dos mesmos foi separada em duas, uma para linha direita da paletizadora e outra para a linha esquerda.

Robô 01 – Linha Direita.

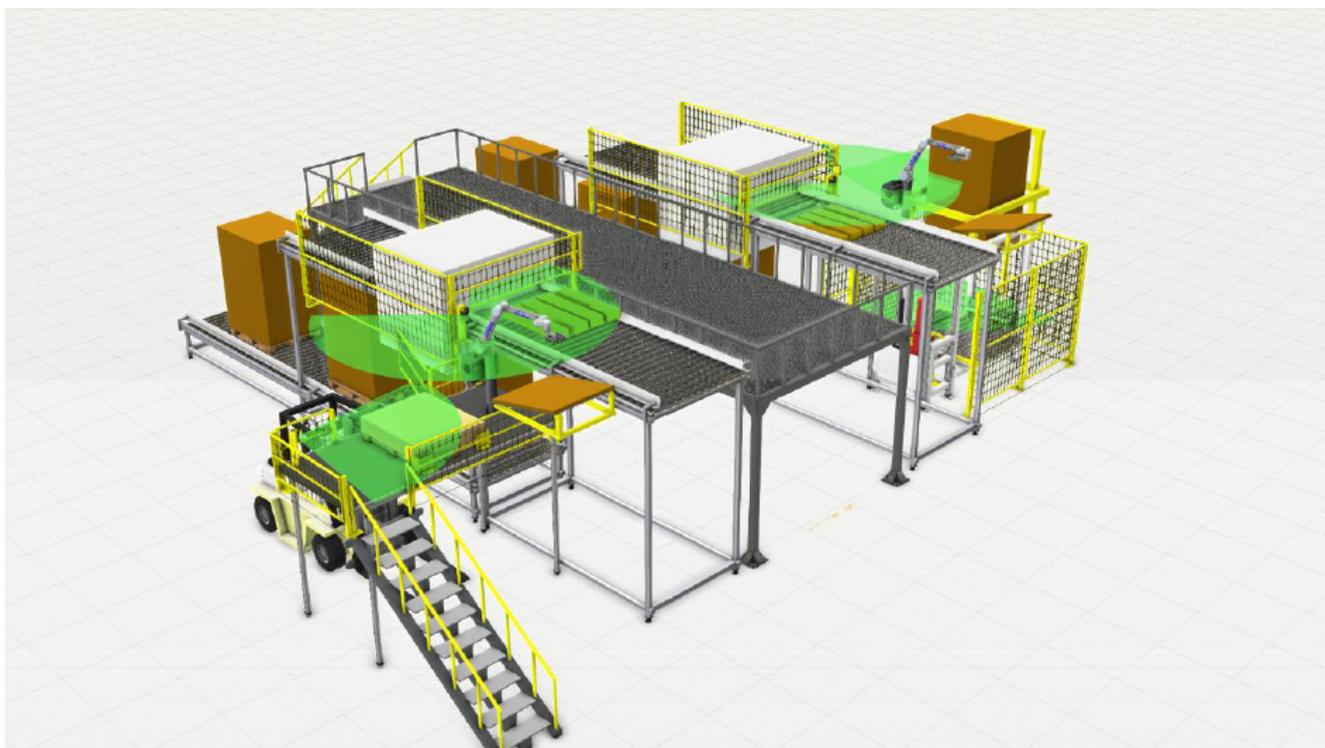
O robô irá retirar um *chapatex* do palete e depositará sobre o agrupamento de caixas de produtos na linha. O robô contará com um *buffer* intermediário onde deverá depositar lâminas de *chapatex* durante sua rotina de trabalho, para que a célula não tenha perda de produtividade durante a troca de palete. Sendo assim, o robô usará o *buffer* para manter a cadência da linha e sempre que o palete de *chapatex* estiver vazio, o robô acionará um sinal sonoro/luminoso para que o operador efetue a troca do palete. Para realização da troca de palete o operador deverá pressionar um botão a fim de realizar a limitação da movimentação do robô e a liberação da porta. Durante a troca do Palete o robô deverá trabalhar apenas com as movimentações no *buffer* intermediário, para que não ocorra nenhuma colisão ou interferência do robô com a

empilhadeira durante a movimentação do palete. O robô retomará o processo apenas após o fechamento da porta e a liberação do botão na parte inferior do mezanino

Robô 02 – Linha Esquerda.

O robô realizará *pick and place*, retirando um *chapatex* do palete e depositando o mesmo sobre os agrupamentos de caixas de produto na linha. O robô contará com um *buffer* intermediário, onde o mesmo deverá depositar *chapatex* durante sua rotina de trabalho, para que a célula não tenha perda de produtividade, pois no momento da troca de paletes, o robô irá trabalhar apenas com as movimentações no *buffer* intermediário. Após a finalização do palete o robô deverá liberar o elevador, descendo o palete vazio. Neste momento será acionado o sinal sono-luminoso, alertando a movimentação do elevador, também indicando que o operador deve realizar a troca do palete vazio pelo palete cheio. Para realização da troca de palete o operador deverá pressionar um botão para liberação da porta. Após realizar a troca dos paletes o operador pressiona novamente o botão, liberando o palete para voltar a posição de manipulação do Robô. Por questões de segurança, durante o processo, caso o espaço físico reservado seja invadido, o sistema deverá parar ou entrar em modo colaborativo e somente retomará o processo após a área ser liberada e/ou o operador pressionar o botão de Start/Reset.

Figura 4.4 – Simulação dos Robôs na Linha



Legenda: Modelo 3D da área de paletização incluindo os robôs e suas zonas de atuação (*em verde*).

Fonte: Empresa Especializada em automação Industrial (2019)

4.4.2 Características dos equipamentos

Os equipamentos necessários para implementação do projeto tem características que atendem a solução proposta, no entanto, eles foram selecionados na etapa de engenharia conceitual, o que significa que são tratados como bases para o escopo e não como solução final.

4.4.2.1 Robô Universal UR 10

O UR 10 se trata de um robô universal com 6 graus de liberdade, sendo 3 em seu corpo, composto pela base e duas juntas, e 3 graus de liberdades no punho. Sua área de ação é uma esfera de 2600 mm de diâmetro, exceto por um cilindro na espessura da base, que não pode ser acessada por toda a transversal da esfera. Desta forma, pode-se definir que seu limite de extensão é de 1300 mm do centro de sua base. Sua potência em uso é de 500W, podendo ser ligado a um ponto de energia de 110 ou 220 V. O robô conta com interface de emergência 0 a 24V, sendo 2 para parada, 2 para habilitar a função de testes, 1 capaz de acionar o modo de segurança sem guarda corpo e o botão de reset, além da alimentação. Para os sensores e automação necessária, o painel do robô conta com 8 entradas digitais, 2 analógicas, 8 saídas digitais, 2 analógicas e sua alimentação de 24V, onde a tecnologia aplicada é PNP com construção em IEC 61131-2 e EN-61131-2 (UNIVERSAL, 2013).

No *end effector*, dispositivo no final do braço robótico, ele apresenta 8 conexões disponíveis pra os *grippers*, seja para o uso de sensores ou controle do equipamento, onde temos 2 entradas analógicas, 2 entradas digitais, 2 saídas digitais, a alimentação que pode variar de 0, 12, ou 24V e o GND (ground).

A fabricante fornece junto a esse aparelho um sistema *touch*, onde a programação de seus movimentos pode ser feita usando a função aprender, onde a programação é montada por meio das posições marcadas do robô ou por programação de movimento tradicional (UNIVERSAL, 2013).

Essas especificações garantem que o robô e seu painel sejam o suficiente para atender as necessidades de leitura dos dados de operação da linha e possibilitar a implementação do sistema de segurança e seus alarmes sonoros e visuais, descartando a necessidade da inclusão de CLPs ou controladores extras nesse projeto. Os periféricos possibilitaram atender o solicitado

pelo escopo desse projeto.

4.4.2.2 Gripper

A garra (*gripper*) se trata de um dispositivo que deverá ser projetado para o fim específico, portanto a fabricante futuramente escolhida para realizar o projeto terá plena autonomia para criação da melhor solução, desde que atenda a demanda do escopo. No entanto, ela deve levar em consideração algumas peculiaridades.

A folha não apresenta rigidez suficiente para sofrer arraste. Desta forma, será necessário um maior distanciamento entre as ventosas para que diminua os efeitos do movimento do robô. A empresa não deseja a instalação de bomba de vácuo, pois seria a única em toda planta, gerando custos específicos. Desta forma, recomenda-se o trabalho com válvula de vácuo, as quais trabalham com o princípio de ventura. Como mencionado anteriormente, a pressão de trabalho disponível é de apenas 5.6 bar, apesar de apresentar um fluxo constante de vazão de ar. Como o sistema se faz presente em outros equipamentos da empresa, não acredita-se que haverá dificuldade neste aspecto.

4.4.2.3 Elevador

Para o elevador, assim como a garra, serão apresentadas diretrizes. Desta forma, recomenda-se um sistema de força distinta do robô e o sistema de comando e segurança deverão comunicar-se com o mesmo. Para se adequar a instalação, permitir o curso do robô e o trabalho da operação, o elevador deve, preferencialmente, ser construído na altura máxima de 1200 mm do solo, possibilitando o trabalho com a paleteira, pois o local não permite o uso de empilhadeiras. A capacidade de carga mínima deve ser de 800 Kg devido ao padrão do palete de *chapatex*.

4.5 Custo conceitual

Com base na análise do escopo foi levantado, conceitualmente, o que o projeto poderia utilizar em termos de equipamento e mão de obra de instalação, estimando, assim, um possível custo do projeto, mesmo antes do retorno da equipe de compras, responsável por garantir os melhores e viáveis fornecedores pós proposta descrita. Dessa forma, uma empresa especializada

em automação industrial foi envolvida com o interesse em ser a contemplada pelo projeto, para uma cotação inicial.

4.5.1 Escopo do Fornecimento

Sendo o custo conceitual um proposta viável para o projeto final, o fornecedor teve um escopo de fornecimento pertinente ao trabalho final. Assim, ele poderia fornecer uma proposta semelhantes aos fornecedores que receberão o escopo final.

4.5.1.1 Premissas do Projeto:

Os dados levantados anteriormente sobre a linha e a chapa de madeira foram fornecidos à empresa de automação na seguinte disposição.

- Tempo de Ciclo Estimado (Erro +/- 10):
 - 04 *chapatex* por minuto
 - Desconsiderado invasões da área de segurança ou paradas de linha
 - Desconsiderando tempo de troca dos paletes
 - Considerando paletes devidamente orientados, indexados e sensorizados.
- Produto Considerado: *chapatex*
- Peso máximo do produto: 0,410 Kg
- Dimensões :
 - *chapatex*: 1170x980mm
 - palete: 1.200x1.000 mm
 - Altura máxima do palete: 1350 mm
- Quantidade de produtos cadastrados: 01 produtos.

4.5.1.2 Componentes comerciais do sistema

Baseando-se nos dados acima e nas informações das etapas anteriores para criação da proposta a empresa de automação apresentou os seguintes componentes/equipamentos comerciais para solução do problema.

- 02 Robôs UR10 - Universal Robots A/S
- 02 Interfaces Polyscope de tela *touch screen* de 12 polegadas
- 02 Painéis de controle do robô UR10
- Cabos de interligação – robô e o painel de controle
- Cabos de interligação - *teach pendant* e o painel de controle
- Monitoramento remoto dos robôs instalados
- Fornecimento de ART de segurança

4.5.1.3 Componentes do Personalizados

Tendo em vista que a aplicação apresentava um problema que requeria solução específica para o problema, uma lista de itens personalizados também foi apresentada.

- 02 Pedestais para Fixação do Robô
- 02 Gripper Customizados para a coleta de *chapatex*
- 01 Sistema Elevador de paletes
- Conjunto de componentes mecânicos e elétricos, sendo:
 - 02 Painéis Elétricos
 - 02 Conjuntos de Sensores
 - 01 Par Batentes sensorizados para indexação do palete de Slip Sheets
- 02 Pacotes de Segurança para Célula Robotizada conforme Análise de Risco

Assim pode se compor os custos do projeto de forma conceitual

* inclui a necessidade de cabos para uma rede 110 ou 220 v para alimentar os robôs, além de intervenção na rede de ar comprimido.

Os robôs e as manutenções necessárias foram avaliados em forma de aluguel ocasionando em um custo de R\$ 16.457,00 mensais por 60 meses.

Tabela 4.2 – Custo Envolvidos

Itens	Custos
02 Pedestal para Fixação do Robô	R\$ 5.750,00
02 Gripper Customizado para pega de Slip Sheets	R\$ 17.900,00
Conjunto de componentes mecânicos e elétrico*	R\$ 79.500,00
Pacotes de Segurança para Célula Robotizada conforme Análise de Risco	R\$ 72.500,00
Sistema Elevador de paletes	R\$ 140.000,00
Total	R\$ 385.173,88

Legenda: Orçamento de serviço requisitado

Fonte: Do autor (2019)

4.5.2 Diretrizes da Proposta

Nesta proposta, entende-se que a empresa, além de liberação do operador da tarefa sem valor agregado, espera obter algum retorno financeiro que justifique o investimento. Desta forma, a proposta foi trabalhada com uma empresa especializada, da mesma forma que a aquisição e mão de obra em todos os aspectos, seja na interligação do robôs com os PLC da paletizadora até a fabricação e instalação do elevador de paleta.

A proposta comercial consistiu em dividir esse projeto em dois tipos de serviços: aluguel e de um Investimento em Bens de Capitais (*CAPEX*). A parte de aluguel seria dos componentes não personalizados como: robôs, dispositivos de integração do robô, serviço de implementação e manutenção dos equipamento (preventiva e corretiva). Os demais investimentos tornar-se-iam ativos da empresa, assim como elevador de paleta, garra do robô, entre outros. Desta forma, pode-se realizar uma análise de investimento. O contrato gerado seria de 60 meses e, com isso, os valores apresentados para título de comparação com o custo de mão de obra mensal foram divididos para cada mês. Sabendo que o posto de trabalho necessitava de dois operadores e que a linha de produção funcionava 24 horas por dia seriam necessários 4 turnos para o pleno funcionamento, o que permite gerar dados de custo operacional conforma a figura 4.5. retirada no Apêndice 1- ROI RAAS

Figura 4.5 – Custo do Projeto

Custo Anual por Operador - com encargos (R\$)	R\$ 52.751
<i>Nota: Custo/operador 100% dedicado à atividade - 1 turno.</i>	
Clique aqui para referência de custo de operador	
Adicional Noturno (%)	30%
<i>Nota: 3o turno.</i>	
Custo Indireto Anual por Operador (R\$)	R\$ 2.500
<i>Nota: PPR, não qualidade, LER, litígios trabalhistas, etc.</i>	
Número de Turnos	4
<i>Nota: Número de turnos e operação do posto a ser automatizado.</i>	
Número de Operadores por Turno	2
<i>Nota: Número de operdaores a realocar após colocação do robô.</i>	
Custo Anual de Operação (R\$)	R\$ 453.659
Custo Mensal de Operação (R\$)	R\$ 37.805

Fonte: Do autor (2019)

O projeto prevê um custo de investimento inicial de R\$413.652,00 reais, que deverá ser somado aos valores cobrados pelo aluguel dos robôs. Seu montante total ficou maior que o esperado no escopo inicial devido, única, e exclusivamente, à necessidade de adequação da linha, utilizando um elevador. No entanto, como o contrato seria de 5 anos, esse valor diluído e acrescido do aluguel resultaria em R\$ 23.464,20 reais mensais gerando uma economia de R\$ 6.535,80 ao mês se comprado aos custos operacionais baseando no ROI e tempo de retorno de investimento (*payback*) simples.

4.5.3 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (*VPL*) foi calculado para validar o valor atual de investimento, bem como rentabilidade do projeto. Para calculá-lo utilizou-se como base referencial a selic de setembro de 2019 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019) como taxa de atratividades, sendo esta 5% ao ano. Este valor de taxa foi escolhido devido a empresa do Vale do Paraíba não ter uma taxa de atratividade definida pela equipe da fábrica onde o escopo de projeto foi estudado. Como citado, o projeto necessita de investimento inicial de R\$ 413.652,00 e para pagar esse investimento pretende-se redirecionar os gastos do contrato operacional de R\$ 30.000,00. Sabendo que os gastos mensais para manter os robôs seria de R\$ 16.570,00 na modalidade de locação espera-se que o fluxo de caixa seja constante durante todo o contrato, sendo esse R\$ 13.430,00 mensais durante 5 anos. Esses fatores foram aplicados na equação a seguir:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \quad (4.1)$$

Legenda:

VPL: Valor presente Líquido

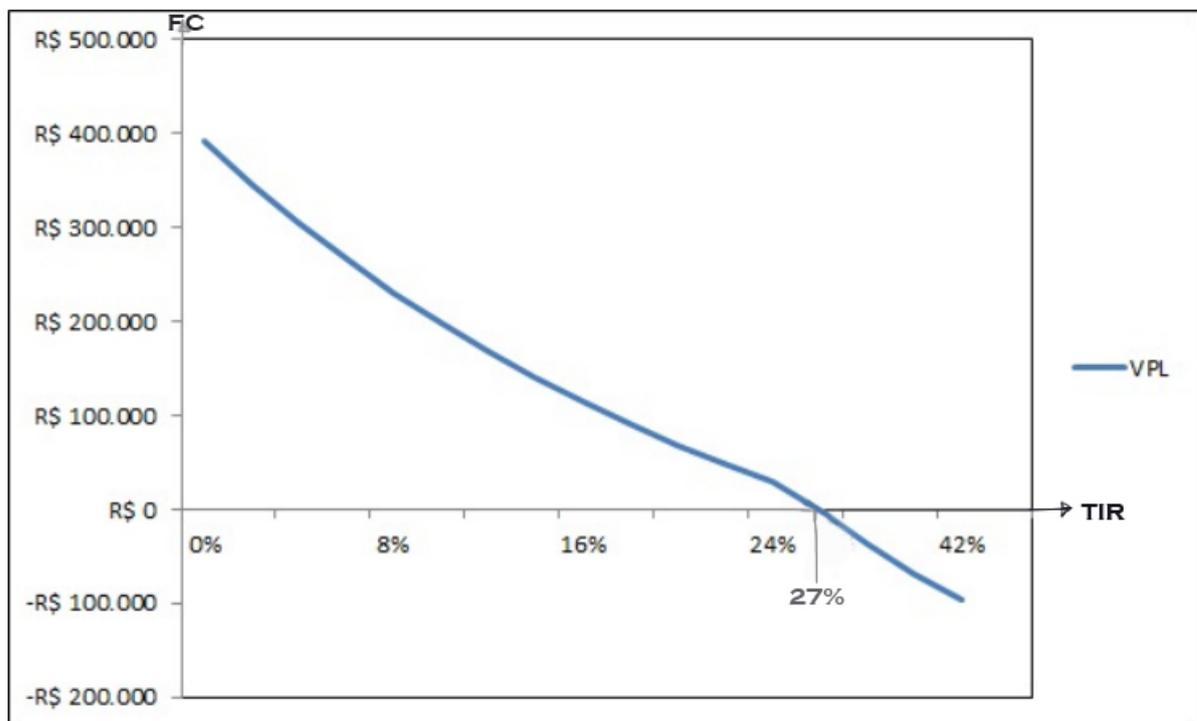
TMA: Taxa mínima de atratividade

FC: Fluxo de caixa

O VPL foi de R\$ 284.091,00 para os 5 anos de projeto assim como apresenta detalhadamente no apêndice C.

A taxa Selic no meio financeiro é utilizada, normalmente, como uma taxa da categoria de custo de oportunidade por se tratar de um investimento seguro. Verificou-se, então, a Taxa interna de retorno do projeto (TIR), para assim entender a taxa limite em que o projeto não teria lucros e nem prejuízos.

Figura 4.6 – Taxa Interna de Retorno



Fonte: Do autor (2020)

5 CONCLUSÃO

Com a demanda por produtos alimentícios em alta mesmo na contra mão da economia nacional, as indústrias tendem a realizar investimentos focados em produtividade. A utilização de dois robôs colaborativos universais em uma atividade dita mecânica vai de encontro com a necessidade dessas empresas. A proposta de melhoria na linha de produção trará a empresa benefícios em gestão e financeiros. Contudo cabe a empresa dar sequência nos demais itens da metodologia, a partir da "Proposta capital de revisão", feita pela equipe comercial para definir a melhor proposta de execução do escopo apresentado nesse trabalho.

Após escopo ser elaborado pôde-se ter clara visão da possibilidade de uso dos equipamentos apresentados. Os robôs universais colaborativos da série UR10 são fabricados de forma a facilitar sua instalação sendo necessário um ponto de energia elétrica 110 ou 220 V, conexão com a rede intranet ou internet, para que o mesmo possa ser um ponto de coleta de dados, e por fim conexão com os PLC da linha a fim de garantir o sincronismo. Desta forma, os equipamentos aplicados na proposta garantiriam a execução da atividade de forma segura e com a precisão e produtividade necessária, atendendo a demanda do projeto. A integração e conexão dos robôs com os periféricos e sensoramento de segurança será realizado por mão de obra terceira, pois a empresa alimentícia optou pela proposta de serviço e não implementação da melhoria como um ativo.

O estudo dessa proposta permitiu uma análise comercial da integração de dispositivos de automação dentro das linhas de produção de uma empresa do ramo alimentício, onde foi necessário garantir que uma atividade sem valor agregado fosse eliminada ou seja, que a aplicação da metodologia TPM se valesse por completa. Desta forma, a utilização de dois robôs colaborativos permitirá realizar a tarefa durante os três turnos de operação, onde 8 operadores atuavam na inserção de folha divisora. Esta análise comercial teve como resultado a apresentação do ROI que, inicialmente, nos apresentou um projeto com um período de retorno financeiro de 26 meses, sendo mais que o dobro esperado pela metodologia EEM em relação a atratividade. No entanto, a sua implementação trará uma economia total de R\$ 392.148,00 para a empresa dentro de 60 meses. Mesmo o projeto apresentando valores atrativos no retorno de investimento e em relação o tempo de retorno de investimento, foi importante definir sua rentabilidade em valores atuais para relacioná-lo a possíveis outros investimentos com taxa de retorno garantidos em que a empresa poderia direcionar seu dinheiro. Desta forma, o VPL apresentado teve valor positivo, o que significa que o projeto seria rentável para empresa, ou seja, valeria o investimento. Ele

também apresentou um TIR de 27% ao ano, o que indica que a empresa poderá esperar retornos financeiros maiores que qualquer outro possível investimento de renda fixa da atualidade, ou seja, a implementação desse projeto, pela avaliação de seus custos, se fez viável.

O projeto culminou em uma proposta de serviço, que deverá ocasionar a contratação de uma empresa externa para realizá-la. Com isto esse trabalho se faz carente de análise técnica, o limitando a levantamento de viabilidade e aplicabilidade dos contextos gerados por uma engenharia externa. Como a empresa nunca havia feita essa espécie de atualização em suas máquinas, o risco da aquisição do ativo poderia inviabilizar o tempo de retorno do investimento, pois demandaria mão-de-obra especializada de implementação e manutenção dos robôs, além de uma equipe de engenharia com *know-how* mais apurado. Por se tratar de uma empresa alimentícia, seu time técnico não tem experiência nesse tipo de atividade e, por isso, optou-se pela gestão do projeto ser realizada por seu próprio time e pela execução por um time externo.

A aplicação da proposta possibilita vertentes de estudos em pontos que não tiveram foco nesse trabalho, por exemplo: A escolha de um robô universal para o tipo de aplicação, ou até mesmo as aplicabilidades dos robôs colaborativos e por que são importantes em locais onde a operação precisa estar em contato. Também podem ser abordadas visões fora da área da automação, como ergonomia da transferência de placas a fim de montar a pilha central. Nessa atividade os operadores movimentavam cerca de 12 kg e transferiam ao outro, mão a mão, por média de 7 vezes/hora. O impacto físico dessa tarefa foi tratada como um conhecimento empírico. Outra possibilidade se dá pelo fato deste trabalho abordar apenas duas etapas da metodologia de gerenciamento de projeto do pilar EEM, onde os estudos foram aplicados, levando a um possível próximo trabalho, dando sequência ao uso do método para uma mesma, ou similar, aplicação.

Por fim, trago a essa conclusão os aprendizados que o trabalho trouxe ao autor. A aplicação da proposta foi elaborada em uma planta industrial, possibilitando o contato com diversas áreas da empresa e externa a ela. A necessidade de entender um sistema de gestão não abordado na universidade de forma direta, mas porém consolidada no mundo, permitiu que o autor adquirisse uma visão mais consolidada da interação em área produtiva, manutenção e engenharia. Além disso, o lado técnico também foi trabalhado, mesmo não tendo sido citado de forma minuciosa, o sensoriamento de segurança do robôs, em portas, barreiras de luz etc., indexação, tubo de ventura para vácuo na folhas, entre outras aplicabilidade voltadas a instrumentação, podendo ser citada, também, a escolha de robô universal de 6 graus de liberdade, com aplicabilidade de diferentes áreas de atuação de acordo com a demanda produtiva. Em suma, pode-se citar a visão

econômica e social que essa proposta trouxe ao cotidiano do autor. Do mais espero que tenha somado a todos como somou a mim.

REFERÊNCIAS

- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; BARTZ, A. P. B. **Manutenção Produtiva Total – TPM : dificuldades na implantação em empresa metal-mecânica.** [S.l.: s.n.], 2012. 1-12 p.
- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; BARTZ, A. P. B. **Improvement of industrial performance with TPM implementation. Journal of Quality in Maintenance Engineering.** [S.l.: s.n.], 2014. v. 20. 2-19 p.
- CAVALCANTE, Z. V.; da S. M. L. S. **A IMPORTÂNCIA DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO MUNDO DA TECNOLOGIA.** Paraná: Anais Eletrônico, 2011.
- ELCO INDÚSTRIA. **COBOTS – Robôs Colaborativos: quais as vantagens em linha de produção.** Elco Indústria, 2018. Disponível em: <<https://elcoindustria.com.br/cobots-robos-colaborativos-linha-producao/>>.
- GOETZ. **Chapatex de madeira Tipo 1.** 2021. Disponível em: <<https://www.goetz.com.br/produto/chapatex-de-madeira-usado-tipo-1>>. Acesso em: 12 de maio 2021.
- IIDA, I. **Ergonomia – Projeto e Produção.** 2. ed. São Paulo: Editora Edgar Blucker, 2005.
- JAIN A.; BHATTI, R.; SINGH, H. **Total productive maintenance (TPM) implementation practice. International Journal of Lean Six Sigma.** [S.l.: s.n.], 2014. v. 5. 293-323 p.
- KUKA. **KR Agilus|Kuka AG.** 2020. Disponível em: <<https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-agilus>>. Acesso em: 5 mar. 2020.
- LEANMANUFACTURING. **Main Elements Guide for the 8 Key Steps of EEM.** 2019. Disponível em: <<https://leanmanufacturing.online/main-elements-guide-for-the-8-key-steps-of-eem/>>. Acesso em: 30 set. 2019.
- MCCARTHY, D. **Early equipment management (EEM) : continuous improvement for projects.** [S.l.]: CRC PRESS, 2017.
- MCKONE, K. E.; WEISS, E. N. **TPM: Planned and autonomous maintenance: Bridging the gap between practice and research. Production and Operations Management.** [S.l.: s.n.], 1998. v. 7. 335-350 p.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Taxa de Juros Selic.** 2019. Disponível em: <<http://receita.economia.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 1 de Junho de 2019.
- NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM.** ISBN: 0- 915299-23-2: Inc. Productivity Press, 1988.
- PODUVAL, P. S.; PRAMOD, V. R.; RAJ, V. P. J. **Barriers In TPM Implementation In Industries. International Journal of Scientific Research and Reviews.** [S.l.: s.n.], 2013. v. 2. 28-33 p.
- RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K. **Analysis of the fall of TPM in companies. Journal of Materials Processing Technology.** [S.l.: s.n.], 2006. v. 179. 276-279 p.
- ROMANO, V. F.; DUTRA, M. S. **INTRODUÇÃO À ROBÓTICA INDUSTRIAL.** [S.l.]: UNICAMP, 2001.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Ferramentas de Qualidade (Série Gestão)**. v. 1, p. 53. Santa Catarina: SENAI/DN, 2015.

SHAABAN, M. S.; AWNI, A. H. **Critical success factors for total productive manufacturing (TPM) deployment at Egyptian FMCG companies**. *Journal of Manufacturing Technology*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 25. 393-414 p.

SNEFBRASIL. **Inovação e automação na indústria alimentícia**. 2018. Disponível em: <<https://medium.com/snef-brasil/inoçao~ao-e-automaç~ao-na-indústria-alimentícia-4772c6dbcfe4>>. Acesso em: 30 set. 2019.

TALES, J. **Série TPM – PILAR 2: Manutenção Planejada**. 2017. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/serie-tpm-pilar-2-manutencao-planejada/>>. Acesso em: 30 set. 2019.

UNIVERSAL, R. A. **Universal Robots - User Manual**. [s.n.], 2013. 5-35 p. Disponível em: <www.Manualslib.com>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ÂNGULO RETO. **Chapas: Separador**. 2021. Disponível em: <<http://anguloreto.com/flog/album/separador-chapatex-chapa-de-fibra-de-madeira-eucatex-duratex>>. Acesso em: 21 de maio 2021.

APÊNDICE A – Formulário de MOC

Inclusão de Boas Práticas	
Em Elaboração	
Título da Boa Prática:	<input type="text"/>
Localidade:	<input type="text"/> Origem: <input type="text"/> Pilar: <input type="text"/>
Perda:	<input type="text"/>
RE Responsável(is) pela criação da Boa Prática:	<input type="text"/>
Nome do Responsável pela Inclusão:	<input type="text"/>
Melhoria, Erradicação ou Mudança:	Melhoria <input type="text"/>
Saving Anual (R\$):	<input type="text"/>
Descrição do Problema:	<input type="text"/>
Anexar Arquivos do Problema:	<input type="text"/> <input type="button" value="Browse..."/> <input type="button" value="Anexar"/>
Descrição da Proposta:	<input type="text"/>
Anexar Arquivos da Proposta:	<input type="text"/> <input type="button" value="Browse..."/> <input type="button" value="Anexar"/>
Área Administrativa?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não
A Boa Prática seguiu o procedimento "Gestão de mudanças para intervenções em máquina, equipamentos e instalações" (PD-COR-SST-027)?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Não se Aplica




APÊNDICE B – ROI RAAS

entrada

Dados da Empresa

Células para preenche

Custo Anual por Operador - com encargos (R\$)	R\$ 52,751
<i>Nota: Custo/operador 100% dedicado à atividade - 1 turno.</i>	
Clique aqui para referência de custo de operador	
Adicional Noturno (%)	30%
<i>Nota: 3o turno.</i>	
Custo Indireto Anual por Operador (R\$)	R\$ 2,500
<i>Nota: PPR, não qualidade, LER, litígios trabalhistas, etc.</i>	
Número de Turnos	4
<i>Nota: Número de turnos e operação do posto a ser automatizado.</i>	
Número de Operadores por Turno	2
<i>Nota: Número de operdaores a realocar após colocação do robô.</i>	
Custo Anual de Operação (R\$)	R\$ 453,659
Custo Mensal de Operação (R\$)	R\$ 37,805

Dados da Locação

Valor Líquido Mensalidade de Locação do Projeto (R\$/mês)	R\$ 12,760
<i>Nota: PIS/COFINS baaos sobre locação de equipamentos retornam na forma de créditos conforme art. 3º da Lei 10.637/2002 e art. 1º da Lei 10.833/2003</i>	
Valor Líquido Mensalidade Total Service do Projeto (R\$/mês)	R\$ 3,600
<i>Nota:</i>	
Valor Mensalidade Total Service com ISS (R\$/mês)	R\$ 3,810
<i>Nota: necessário adicionar ISS pois cliente não se credita deste imposto.</i>	
Custo Mensal de Operação Robô (R\$)	R\$ 16,570

Benefícios

Economia antes de IRPJ (R\$)	R\$ 21,234.97	Plano:	60	meses
Economia Pós IRPJ (R\$)	R\$ 14,015.08	Redução MO:	2	Operadores/turno
Savings Projeto	R\$ 534,573.82	PAYBACK:	26.2	meses

CAPEX

Investimento

CAPEX Total Líquido do Projeto (R\$) R\$ 315,650 Ex.: 400000

Nota:

CAPEX Total do Projeto com Impostos (R\$) R\$ 385,174 Ex.: 400000

Nota: crédito de PIS/COFINS disponível apenas sobre valor da locação de equipamentos.

Taxa de Adesão Líquida - parcela única (R\$) R\$ 37,000 Ex.: 50000

Nota:

Taxa de Adesão - com impostos Pós IRPJ (R\$) R\$ 28,478

Nota:

Benefícios

Depreciação Mensal CAPEX pós IRPJ (R\$)	R\$ 1,789
---	-----------

Nota:

Resumo

Investimento Total (R\$)	R\$ 413,652
---------------------------------	--------------------

Benefício Total (R\$)	R\$ 15,804
------------------------------	-------------------

Payback (meses)	26.2
------------------------	-------------

entrada	Preencha com os dados da empresa
resultado	Custo total por trabalhador por mês
resultado	Custo total por trabalhador por <u>ano</u>

Dados

Salário mensal por operador	1,500.00	Absenteísmo	2.0%
Encargos sobre a folha (FGV)	179%	Outros impactos	0.0%
Custo trabalhista total (FGV)	255%	Adicional Turno Noturno	30%
Custos adicionais por ano por colaborador	2,500.00	(PPR, não qualidade, LER, litígios trabalhistas, etc)	

Mensal

Custos Atuais	1 Turno	2 Turnos	3 Turnos	4 Turnos
Salário em Carteira	R\$1,500	R\$3,000	R\$4,950	R\$6,450
Folha mais Encargos	R\$2,678	R\$5,355	R\$8,836	R\$11,513
Custo Trabalhista Total	R\$3,818	R\$7,635	R\$12,598	R\$16,415
Custo Expandido Total	R\$4,102	R\$8,204	R\$13,475	R\$17,577
	R\$49,226		R\$53,899	R\$52,731

Anual

	1 Turno	2 Turnos	3 Turnos	4 Turnos
Salário em Carteira	R\$18,000	R\$36,000	R\$59,400	R\$77,400
Folha mais Encargos	R\$32,130	R\$64,260	R\$106,029	R\$138,159
Custo Trabalhista Total	R\$45,810	R\$91,620	R\$151,173	R\$196,983
Custo Expandido Total	R\$49,226	R\$98,452	R\$161,696	R\$210,923
			R\$53,899	R\$52,731

Auxiliar

Custo do tempo não trabalhado	21.80%	19.60%	
Total	283%	255%	
Total Folha+Encargos	188%	179%	

APÊNDICE C – Valor Presente Líquido

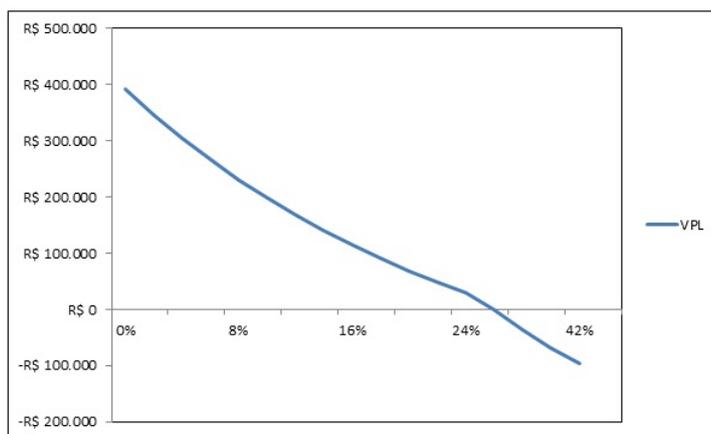
Cálculo de VLP nos 5 anos de Contrato

Custo do Contrato Operacionai/ano	R\$ 360.000,00
Custo operacionais dos Robôs/ano	R\$ 198.838,95
Custo do investimento Capex	R\$ 413.652,00
FC	R\$ 161.161,05
TMA	5% selic em Ag.2019

Etapa do Investimento	Valor	VPL EXCEL Formula
Investimento Inicial	-R\$ 413.652,00	-R\$ 413.652,00
Ano 1	R\$ 153.486,71	R\$ 161.161,05
Ano 2	R\$ 146.177,82	R\$ 161.161,05
Ano 3	R\$ 139.216,97	R\$ 161.161,05
Ano 4	R\$ 132.587,59	R\$ 161.161,05
Ano 5	R\$ 126.273,90	R\$ 161.161,05
VPL	R\$ 284.091,00	R\$ 284.091,00

Definição do TIR

TMA	VPL
0%	R\$ 392.153,25
2%	R\$ 345.974,08
4%	R\$ 303.808,36
6%	R\$ 265.216,97
8%	R\$ 229.817,34
10%	R\$ 197.275,17
12%	R\$ 167.297,52
14%	R\$ 139.626,93
16%	R\$ 114.036,60
18%	R\$ 90.326,16
20%	R\$ 68.318,19
22%	R\$ 47.855,19
24%	R\$ 28.797,03
27%	R\$ 0,00
32%	-R\$ 35.696,28
37%	-R\$ 68.333,32
42%	-R\$ 96.396,55



Cálculo de VLP nos 5 anos de Contrato mês a mês

Custo Contrato Operacional/mês	R\$ 30.000,00
Custo Operacionais dos Robôs/m	R\$ 16.569,91
FC	R\$ 13.430,09
TMA	0,4%

Mês	Valor Presente	Tempo de p
0	-R\$ 413.652,00	
1	R\$ 13.374,36	1
2	R\$ 13.318,87	1
3	R\$ 13.263,60	1
4	R\$ 13.208,56	1
5	R\$ 13.153,76	1
6	R\$ 13.099,18	1
7	R\$ 13.044,82	1
8	R\$ 12.990,70	1
9	R\$ 12.936,79	1
10	R\$ 12.883,11	1
11	R\$ 12.829,66	1
12	R\$ 12.776,42	1
13	R\$ 12.723,41	1
14	R\$ 12.670,61	1
15	R\$ 12.618,04	1
16	R\$ 12.565,68	1
17	R\$ 12.513,54	1
18	R\$ 12.461,62	1
19	R\$ 12.409,91	1
20	R\$ 12.358,42	1
21	R\$ 12.307,14	1
22	R\$ 12.256,07	1
23	R\$ 12.205,21	1
24	R\$ 12.154,57	1
25	R\$ 12.104,14	1
26	R\$ 12.053,91	1
27	R\$ 12.003,90	1
28	R\$ 11.954,09	1
29	R\$ 11.904,49	1
30	R\$ 11.855,09	1
31	R\$ 11.805,90	1
32	R\$ 11.756,91	1
33	R\$ 11.708,13	1
34	R\$ 11.659,55	
35	R\$ 11.611,17	
36	R\$ 11.562,99	
37	R\$ 11.515,01	
38	R\$ 11.467,23	
39	R\$ 11.419,65	
40	R\$ 11.372,26	
41	R\$ 11.325,07	
42	R\$ 11.278,08	
43	R\$ 11.231,28	
44	R\$ 11.184,68	
45	R\$ 11.138,27	
46	R\$ 11.092,05	
47	R\$ 11.046,03	
48	R\$ 11.000,20	
49	R\$ 10.954,55	
50	R\$ 10.909,10	
51	R\$ 10.863,83	
52	R\$ 10.818,75	
53	R\$ 10.773,86	
54	R\$ 10.729,16	
55	R\$ 10.684,64	
56	R\$ 10.640,30	
57	R\$ 10.596,15	
58	R\$ 10.552,18	
59	R\$ 10.508,40	
60	R\$ 10.464,80	
VPL	R\$ 298.017,82	33 meses