



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
(IFBA), CAMPUS JEQUIÉ**

EZEQUIEL SANTOS OLIVEIRA

**Elaboração de um plano de manutenção preventiva para as unidades de
paletização robotizada em uma indústria alimentícia.**

Jequié-BA

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
(IFBA), CAMPUS JEQUIÉ**

EZEQUIEL SANTOS OLIVEIRA

**Elaboração de um plano de manutenção preventiva para as unidades de
paletização robotizada em uma indústria alimentícia.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Jequié, 22/07/2024

Comissão Examinadora:

Me. Luis Fernando Barbosa Brito - IFBA
(Orientador)

Me. Fabiano Borges - IFBA

Me. Filipe Dondoni Ramos - IFBA

Me. Alexandre Moura Giarola - IFMG

Jequié-BA

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
(IFBA), CAMPUS JEQUIÉ**

EZEQUIEL SANTOS OLIVEIRA

**Elaboração de um plano de manutenção preventiva para as unidades de
paletização robotizada em uma indústria alimentícia.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à disciplina de TCC, aos
docentes Fabiano Borges e Rita Queiroz
como requisito parcial para conclusão do
curso.

Orientador (a): Luís Fernando B. Brito

Jequié-BA

2024

RESUMO

A robótica desempenha um papel fundamental no setor industrial, incluindo a indústria alimentícia, onde a automação de processos é essencial para aumentar a eficiência, garantir a qualidade e reduzir os custos. Sendo a manutenção uma área essencial para alcançar tais objetivos, devido à demanda crescente por maquinário na indústria atual, mas também devido aos benefícios de redução de custos e aumento de confiabilidade que ela oferece aos ativos. Empresas que não adotam um planejamento e controle de manutenção em suas máquinas e equipamentos podem enfrentar contratempos que poderão afetar negativamente sua produtividade. Teve como objetivo elaborar um plano de manutenção preventiva para o setor de robótica em uma indústria alimentícia. Para isso, foi criado um modelo de checklist para operadores dos robôs de paletização, foi feita a análise de dados e a identificação dos componentes críticos do setor e sua prioridade de serviço. Foi utilizado o método pesquisa-ação, onde há uma intervenção do pesquisador na realidade observada. Utilizou-se também um levantamento bibliográfico de estudos específicos sobre o planejamento e controle de manutenção, buscando-se aplicar de forma sistemática as considerações feitas pelos autores. Para aquisição de dados de disponibilidade da célula robotizada, foram utilizadas as informações de controle interno, baseadas em planilhas de controle que a empresa utiliza para gerenciar a manutenção de seus ativos, usando uma quantidade amostral de quatro meses, durante o ano de 2024. Foi feito o levantamento dos equipamentos que compõe o setor e, através da curva ABC foi identificado os equipamentos críticos. Os dados para identificar os itens de maior gravidade, ou seja, identificar as prioridades foram estratificados destas planilhas, e trabalhados através da Matriz de Prioridades (GUT), de maneira a identificar os itens com maior urgência de manutenção. O objetivo do trabalho foi alcançado, foi elaborado e proposto o plano e cronograma de manutenção que possa agregar a sistematização dos processos, a diminuição de paradas dos robôs e dos custos com manutenção, além do aumento da produção que é ligada diretamente ao funcionamento das células robotizadas.

Palavras-chave: Robótica industrial; análise de dados; sistematização de processos.

ABSTRACT

Robotics plays a fundamental role in the industrial sector, including the food industry, where process automation is essential to increase efficiency, ensure quality, and reduce costs. Maintenance is crucial for achieving these objectives due to the growing demand for machinery in the current industry and the benefits of cost reduction and increased reliability it offers to assets. Companies that do not adopt maintenance planning and control for their machines and equipment may face setbacks that can negatively affect their productivity. The aim was to develop a preventive maintenance plan for the robotics sector in a food industry. For this, a checklist model was created for the operators of palletizing robots, data analysis was conducted, and the critical components of the sector and their service priority were identified. The action research method was used, where the researcher intervenes in the observed reality. A bibliographic survey of specific studies on maintenance planning and control was also conducted, seeking to systematically apply the considerations made by the authors. To acquire data on the availability of the robotic cell, internal control information based on control spreadsheets used by the company to manage the maintenance of its assets was used, with a sample period of four months during the year 2024. An inventory of the equipment that makes up the sector was conducted, and through the ABC curve, critical equipment was identified. The data to identify the most severe items, that is, to identify priorities, were stratified from these spreadsheets and worked through the Priority Matrix (GUT) to identify the items with the most urgent need for maintenance. The objective of the work was achieved; a maintenance plan and schedule were developed and proposed to contribute to the systematization of processes, the reduction of robot downtime and maintenance costs, and the increase in production directly related to the functioning of robotic cells.

keywords: Industrial robotics; data analysis; process systematization

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 7 |
| 1.2 | Objetivos..... | 8 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 8 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 8 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 2.1 | Histórico da manutenção | 9 |
| 2.2 | Manutenção | 10 |
| 2.3 | Métodos de manutenção | 11 |
| 2.4 | Manutenção corretiva | 12 |
| 2.5 | Manutenção preventiva | 13 |
| 2.6 | Manutenção preditiva | 15 |
| 2.7 | Robôs de paletização..... | 16 |
| 2.8 | Planejamento e controle de manutenção - pcm | 17 |
| 2.9 | Matriz GUT | 18 |
| 2.10 | Curva ABC | 18 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 20 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 4.1 | Identificações dos componentes do setor de robótica | 21 |
| 4.2 | Criticidade dos equipamentos | 23 |
| 4.3 | Prioridades dos equipamentos | 24 |
| 4.4 | Criticidade x Prioridade | 28 |
| 4.5 | Elaboração plano de manutenção | 28 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 30 |
| | REFERÊNCIAS | 31 |
| | Apêndice A – Plano de Manutenção para o magazine de palete | 33 |
| | Apêndice B – Plano de Manutenção para o Carro Pesado e o Carro Leve .. | 34 |
| | Apêndice C – Plano de Manutenção para o Braço Robótico | 35 |
| | Apêndice D – Plano de Manutenção para o transportador leve e pesado ... | 36 |

1 INTRODUÇÃO

Os robôs industriais foram desenvolvidos para executar tarefas repetitivas que exigem força ou precisão, as primeiras gerações destas máquinas apresentam programação fixa e executam somente o que foi previamente definido e qualquer alteração no processo resulta em paradas (ROMANO;DUTRA,2016).

Para garantir o pleno funcionamento de todas as capacidades desses robôs, é essencial realizar manutenções preventivas que minimizem possíveis falhas do equipamento. Portanto, é necessário elaborar um plano de manutenção que não apenas defina as datas dessas manutenções, mas também descreva como elas devem ser realizadas e quais itens precisam ser verificados.

A manutenção é caracterizada como um conjunto de ações que tem como objetivo manter as condições adequadas de operação para os diversos equipamentos, máquinas e instalações, de maneira que possam alcançar um processo produtivo, com segurança e custos adequados para a empresa. A manutenção, enquanto setor estratégico dentro das organizações, possui uma responsabilidade direta sobre os ativos e tem importância capital nos resultados da empresa (OTANI;MACHADO,2008).

A manutenção preventiva é fundamental para os robôs para garantir que os processos produtivos sigam sem desperdícios, perdas de desempenho e não apresentem falhas durante a operação, que inclusive podem resultar em erros no processo de paletização, resultando em descartes ou retorno à linha. A manutenção preventiva é definida, segundo Kardec (2010), como a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Com o objetivo diferente da manutenção corretiva, ela procura evitar a ocorrência de eventos inesperados do equipamento, prevenindo assim paradas da produção. A manutenção preventiva visa manter a disponibilidade de maquinários em níveis aceitáveis.

Em algumas empresas, as informações sobre os processos de manutenção que estão sendo realizados ou uma decisão que precisa ser tomada, ainda são baseadas somente na intuição dos gestores, a ausência de dados e estatísticas poderá resultar em tomadas de decisões erradas. A gestão da manutenção deve ser orientada por dados e informações confiáveis, possibilitando a tomada de decisões embasadas e a implementação de estratégias de manutenção eficientes (LUTOSA *et al.*, 2008). Para isso é necessário adotar ferramentas de controle juntamente com softwares para que haja um planejamento a se fazer e tomar medidas a partir da leitura dos dados fornecidos por cada setor.

Dessa forma, a aplicação de curva ABC e da matriz GUT com auxílio dos checklists criados para cada equipamento no setor da robótica, auxiliam os gestores de manutenção a tomarem medidas eficientes que não impactem negativamente a produção. Parisi (2020) afirma que a aplicação de indicadores permite a criação de soluções de visualização de dados avançadas que podem ajudar a melhorar a visualização de indicadores de manutenção de equipamentos.

Como forma de evitar falhas inesperadas dentro da produção, um plano de manutenção preventiva em uma empresa do ramo alimentício agrega valor a produção, através da otimização dos serviços de manutenção, reforçando melhores práticas que tangem a redução de parada dos robôs e melhoria no desempenho do maquinário durante o processo de paletização, bem como auxiliar os gestores a tomar decisões assertivas com base nos dados coletados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa desenvolver um plano de manutenção preventiva eficaz para as unidades de paletização robotizada em uma indústria alimentícia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Dessa forma, para atingir o objetivo principal foi necessário realizar 3 etapas para alcançar o objetivo proposto: primeiramente foi realizado o estudo teórico sobre métodos de manutenção, planejamento e controle da manutenção e robôs de paletização industriais. Posteriormente foram coletadas informações dos checklists aplicados e da ficha de controle interno de paradas das células robotizadas para identificar os equipamentos críticos do setor através da curva ABC e as ações prioritárias através da matriz de prioridade GUT. Por fim foi utilizada a base teórica para a elaboração do plano e cronograma de manutenção preventiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica necessária para sustentar a temática discutida no trabalho.

2.1 Histórico da manutenção

Historicamente, o homem sempre necessitou fabricar todas as ferramentas para que seu cotidiano fosse mais fácil, tratava-se de sobrevivência: caça, pesca e construção de moradias. Com a utilização ao longo do tempo desses utensílios houve a imposição do desenvolvimento da conservação, reparos ou troca destes (ALMEIDA, 2015).

A manutenção enquanto função, realmente surge após a revolução industrial no século XVI, ao passo que era de suma importância manter as máquinas em pleno funcionamento (GREGÓRIO; SANTOS; PRATA, 2018). Anteriormente a esta etapa evolutiva, a manutenção era realizada apenas para atender às necessidades operacionais quando ocorria uma falha no equipamento. Isso envolvia corrigir a falha detectada, caracterizando a manutenção corretiva.

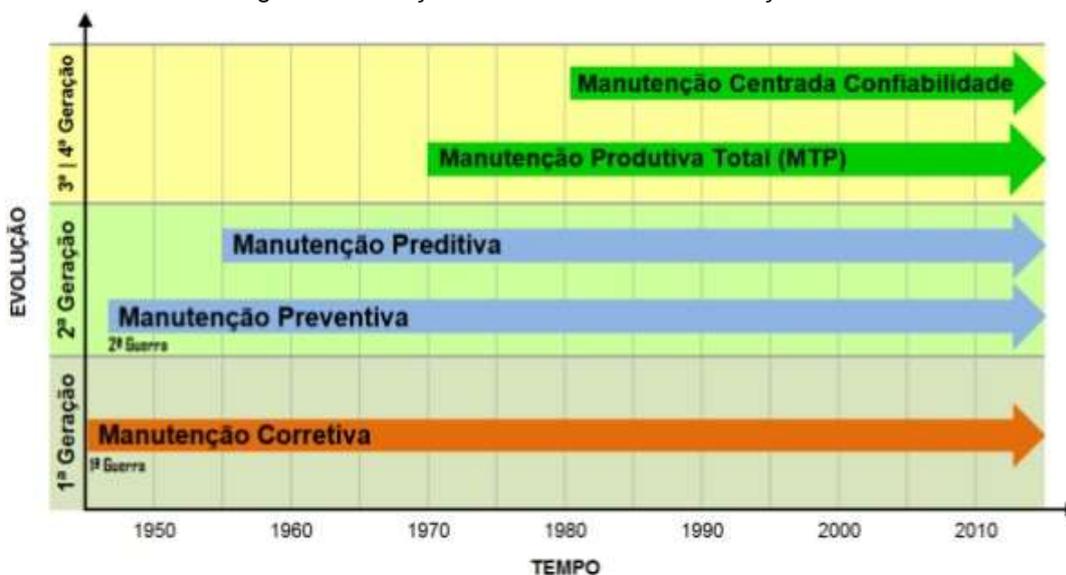
Com o tempo, foi observado que alguns equipamentos apresentavam padrões regulares de falhas, ocorrendo em intervalos previsíveis. Esse comportamento permitiu prever paradas inesperadas e destacou a necessidade de intervenções preventivas para evitar essas falhas (VIANA, 2022).

No entanto, também foi observado que os intervalos de falhas nem sempre são tão regulares, tornando difícil prever com precisão quando uma intervenção preventiva deve ocorrer. Em alguns casos, os intervalos podem ser tão curtos que inviabilizam a realização eficaz da manutenção preventiva. Com o desenvolvimento da técnica, percebeu-se que havia alguns parâmetros que poderiam ser monitorados, dentre eles podem ser destacados: temperatura, vibração, presença de metais ou contaminantes nos fluidos, presença de água em óleos lubrificantes (XENOS, 2014). Desta forma, surge a criação da manutenção preditiva, na qual são monitoradas as condições que poderia dizer que o equipamento está prestes a falhar.

Considerando os diversos aspectos envolvidos no método, a fim de aprimorar o processo de produção, a manutenção tem sido estudada continuamente até os

dias atuais, buscando constantemente mecanismos de aplicação mais eficazes. A figura 1 mostra a evolução das técnicas de manutenção ao longo do tempo, vale destacar que a manutenção preventiva só foi usada somente na segunda geração.

Figura 1: Evolução das técnicas de manutenção



Fonte: CASTRO NETO, (2017).

2.2 Manutenção

A manutenção pode ser definida, de acordo com Xenos (2014), como o conjunto de atividades que visam evitar a degradação dos equipamentos causada pelo desgaste gerado principalmente pelo uso. Além disso, refere-se aos cuidados técnicos essenciais para o funcionamento regular e contínuo de motores e máquinas.

Segundo Kardec e Nascif (2010, p.23), a missão da manutenção é “garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”. Com isso, a missão não é preservar diretamente o equipamento, mas sim, a função do sistema como um todo.

De acordo com Xenos (2014), o conserto de equipamentos que apresentaram falhas não pode ser entendido como manutenção, pelo menos até que medidas concretas sejam tomadas para evitar a reincidência desta problemática. Com isso, a manutenção está diretamente ligada com outras atividades, como a detecção, o reparo, a investigação das causas fundamentais e o estabelecimento de contramedidas para evitar os defeitos nos equipamentos e máquinas.

2.3 Métodos de manutenção

Diversos autores categorizam os métodos de manutenção de maneiras distintas, com base na abordagem adotada para as intervenções nos equipamentos. Neste trabalho são consideradas as classificações feitas por Xenos (2014), Viana (2022), e Kardec e Nascif (2010).

O processo de manutenção inclui todas as atividades técnicas e organizacionais que garantem que as máquinas e equipamentos em geral operem dentro da confiabilidade esperada. Manutenção e trabalhos de reparo que seguem determinadas diretivas básicas reduzem as chances de falhas inesperadas e consequentes perdas de produção, tempo e gastos desnecessários (Marçal, R. F.M., & Susin, A. A., 2005).

Quadro 1: Métodos de Manutenção

| | Manutenção Corretiva | Manutenção Preventiva | Manutenção preditiva |
|---|--------------------------|---|---------------------------------|
| Estado de operação da máquina | Fora de Serviço | Fora de serviço | Operando ou fora de serviço |
| Razão da interferência | Falha | Inspeção programada | Controle programado ou contínuo |
| Tarefas a serem executadas nas máquinas | Reposição de Componentes | Desligamento de máquina para inspeção ou reposição de componentes | Monitoramento |
| Objetivo da Intervenção | Retorno ao Trabalho | Garantir o funcionamento por um tempo | Predizer ou detectar falhas |

Fonte: Marçal, R. F. M., & Susin, A. A., 2005

O quadro 1 diferencia as técnicas de manutenção através de suas principais características, é importante ter conhecimento sobre os métodos existentes de manutenção, bem como seus fatores e consequências ao adotar algum deles para sua gestão de manutenção, dessa forma os tópicos a seguir, vão ser abordados os principais métodos de manutenção.

2.4 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva pode ser entendida, conforme Viana (2022), como “a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente”. É uma intervenção aleatória e não planejada. Este método de manutenção é empregado para solucionar defeitos temporários ou corrigir problemas inesperados causados por peças que falharam, resultando na paralisação da máquina. É uma forma de manutenção que pode envolver a substituição ou reparo de componentes internos que tenham quebrado ou se rompido inesperadamente. De acordo com Otani (2008), esse método de manutenção tem duas classificações, sendo elas: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada.

Dessa maneira, a manutenção corretiva planejada é realizada de forma programada e previamente agendada. Ela ocorre de acordo com um plano estabelecido, frequentemente durante períodos de parada programada da produção, a fim de evitar interrupções inesperadas (MACHADO,2023). Por outro lado, a manutenção corretiva não planejada envolve a correção de falhas ou baixo desempenho somente após sua ocorrência, sem nenhum acompanhamento ou planejamento prévio, de forma aleatória. O quadro 2 apresenta os principais fatores para a escolha da manutenção corretiva e suas respectivas consequências.

Quadro 2: Fatores para a escolha da manutenção corretiva.

| Fatores | Consequências |
|----------------------------------|---|
| Fatores econômicos | Embora a manutenção corretiva seja mais barata que a manutenção preventiva, acarreta na parada inesperada da produção, o que pode gerar grandes perdas econômicas para a indústria. |
| Viabilidade de ações preventivas | Se as ações preventivas não forem viáveis, a manutenção corretiva pode ser um método adequado. |

| | |
|---|---|
| Tempo para realização da manutenção corretiva | Como em muitos casos a falha ocorre de forma inesperada, pode ocasionar interrupções excessivamente longas, o que acarretará em grandes prejuízos para a empresa. |
| Recursos | A falta de peças de reposição, mão de obra e ferramental pode gerar impactos na linha de produção, pois gera um aumento do tempo na realização da manutenção. |

Fonte: COSTA,(2022).

2.5 Manutenção preventiva

De acordo com a NBR 5462 (1994), a manutenção preventiva é ação efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha do funcionamento de um item. A manutenção preventiva engloba todos os reparos ou ajustes realizados em máquinas que estão em pleno funcionamento, sem qualquer falha aparente. Ao garantir essa abordagem proativa, a manutenção preventiva busca oferecer maior tranquilidade no funcionamento operacional das máquinas, resultando em uma melhoria significativa no fluxo das atividades produtivas.

Para Xenos (2014), a manutenção preventiva deve ser realizada de forma periódica, e é necessário que seja considerada como a principal atividade da equipe de manutenção dentro de uma empresa. Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva tem o objetivo de evitar interrupções não programadas no processo produtivo, o que frequentemente resulta em perdas financeiras significativamente superiores ao custo de reparo.

De acordo com Viana (2022), todo serviço de reparo ou ajuste realizado em máquinas que não estejam em falha é considerado manutenção preventiva. São serviços realizados em intervalos preestabelecidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade da ocorrência de falhas, proporcionando assim, uma maior tranquilidade operacional, que por sua vez melhora o andamento das atividades produtivas.

Para obter êxito nesse tipo de método, todos os esforços devem estar ligados a criação de um plano de manutenção, o qual estabelece caminhos a serem traçados para uma melhor conservação do equipamento, a fim de postergar seu envelhecimento, prevenir ocorrência de falhas ocasionadas por meio do desgaste natural ou da má operação. Antes de optar por empregar o método preventivo, deve ser avaliado o momento mais hábil para a realização da manutenção, visto que é realizada de forma mais eficaz se a peça substituída for de fácil estoque ou reposição. Também é muito importante saber os impactos que a parada de forma não prevista possa causar no setor, a vista disso os custos com a manutenção são mais altos (NASCIF; KARDEC, 2010).

A figura 2 apresenta algumas fases cruciais para estabelecer uma manutenção preventiva eficaz. Inicialmente, inicia-se o processo identificando os equipamentos presentes na organização. Em seguida, é realizada a seleção dos equipamentos a serem incluídos no plano. A obtenção de dados é feita através do histórico de manutenções anteriores, com o propósito de identificar falhas ocasionais e repetitivas para determinar as ações necessárias. Após isso, os recursos exigidos são agendados para garantir a eficiência do planejamento, seguindo um cronograma estabelecido. Concluídos todos os registros preliminares, as ações planejadas e agendadas são executadas. Por fim, é realizado um controle sistemático para monitorar e aprimorar os planos estabelecidos inicialmente, resultando em um ciclo de melhoria contínua (FERREIRA, HIAGO, 2021).

Figura 2: Etapas da implantação da manutenção preventiva



Fonte: (FERREIRA, HIAGO, 2021).

2.6 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é a implementação das tecnologias mais sofisticadas para o acompanhamento de máquinas e de determinadas peças que são de extrema importância para o funcionamento da máquina, fazendo com que através de análises de sensores, de ruídos, vibração entre outros, seja levantado um diagnóstico para um melhor planejamento da manutenção e acompanhamento do surgimento de falhas (NASCIF; KARDEC, 2010). Complementando esta definição, de acordo com a norma NBR 5462 (1994), de confiabilidade e manutenibilidade: “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Segundo Viana (2022), a manutenção preditiva consiste em tarefas de manutenção preventiva que visam o acompanhamento da máquina ou das peças que a compõem, seja por monitoramento, por medições ou por controle estatístico. Com todo esse acompanhamento tenta-se prever a proximidade da ocorrência da falha.

O principal objetivo deste tipo de manutenção é determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora, com isso evitando desmontagens para inspeção, e utilizando o componente até o máximo de sua vida útil (VIANA, 2022).

Para implementar esse tipo de manutenção, é crucial compreender o impacto significativo que a falha de um equipamento pode ter na interrupção do processo produtivo da empresa. Aliado a isto, com a positividade à afirmação anterior, o próximo passo é analisar condições básicas para que seja adotada a preditiva: o sistema/equipamento deve possuir um ou mais parâmetros para ser analisado (NASCIF; KARDEC, 2010). O equipamento deve ser vital para a produção, justificando o investimento significativo nesta ação, mesmo que tenha um custo elevado. Além disso, as falhas devem ter causas que possam ser monitoradas e acompanhadas de forma progressiva, através de programas e análises.

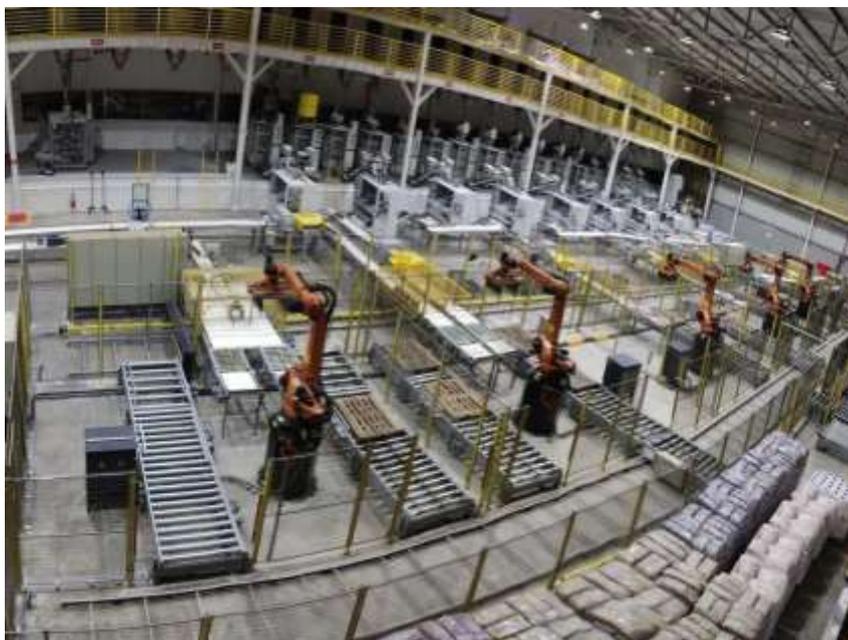
2.7 Robôs de paletização

O processo de paletização normalmente ocorre no final da linha de produção, isso o coloca em uma fase crítica para manter o fluxo dos produtos. Um gargalo nessa etapa limitará o rendimento máximo de toda a sua instalação.

Os robôs industriais representam um avanço significativo na automação do processo de paletização. As células robotizadas são projetadas para organizar os produtos em paletes de forma rápida, precisa e eficiente, substituindo tarefas repetitivas e físicas anteriormente realizadas por trabalhadores humanos. Com braços robóticos ágeis e algoritmos avançados, os robôs de paletização são capazes de lidar com uma variedade de produtos e tamanhos de paletes, adaptando-se facilmente às necessidades específicas de cada linha de produção (TORRES AGUIAR, 2013).

Do ponto de vista econômico, a automação com robôs de paletização pode resultar em uma redução significativa dos custos operacionais. Embora o investimento inicial possa ser elevado, a diminuição dos erros humanos, a menor necessidade de retrabalho e a redução dos custos de mão-de-obra proporcionam uma economia substancial em longo prazo (TORRES AGUIAR, 2013). A figura 3 mostra a disposição dos braços robóticos presente na empresa que está sendo utilizada como objeto de estudo

Figura 3 – Células Robotizadas



2.8 Planejamento e controle de manutenção - PCM

O planejamento e o controle da manutenção (PCM) envolvem uma série de tarefas cruciais para garantir a intervenção mais adequada em um equipamento que apresentou falhas ou que provavelmente falhará se não forem tomadas medidas preventivas. O PCM é muito importante para a gestão da manutenção, visto que o gerenciamento da manutenção deve ser feito em todas as máquinas e dispositivos relacionados não só à linha produtiva mas como o todos os equipamentos presente na empresa.

Dessa forma, deve-se haver uma interrelação entre os setores, para melhorar a interação deles no momento de: solicitar, planejar, controlar, executar e confirmar serviços, levando sempre em consideração às necessidades das áreas de produção e manutenção (ASSIS; SANTOS JÚNIOR; FEITOZA, 2016). À vista disso, é possível iniciar um novo panorama mantenedor, em que o PCM deve contribuir e alinhar os setores para que proporcionem à indústria o alcance de seus objetivos (SOARES, 2019).

Os Planos de Manutenção são o conjunto de informações necessárias, para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva. Os mesmos representam, na prática, o detalhamento da estratégia de manutenção assumida por uma empresa. A sua disposição no tempo e no espaço, e a qualidade das suas instruções, determinam o tratamento dado pelo organismo mantenedor para com sua ação preventiva (VIANA, 2022).

Quadro 3: Categorias dos planos de manutenção.

| Categoria | Características |
|----------------------------|--|
| Plano de inspeções visuais | Inspeções visuais rotineiras nos equipamentos que visam a detecção de falhas de fácil resolução, ou características como, ruídos, temperatura excessivas, condições de conservação e vibrações anormais. |

| | |
|--|---|
| Manutenção de troca de itens de desgaste | Ocorre principalmente em componentes de sacrifício, que possuem a função de se desgastarem em prol do bom funcionamento do conjunto. |
| Plano preventivo | Possui a proposta de monitorar os equipamentos visando acompanhar suas características de funcionamento para definir quando o mesmo apresentar alguma anormalidade. |

Fonte: COSTA,(2022).

2.9 Matriz GUT

Daychoum (2011) define a matriz GUT como uma ferramenta que serve para priorizar os problemas e tratá-los. Para tanto, considera os fatores Gravidade, Urgência e Tendência, e para cada qual atribui uma pontuação numa escala de 1(um) a 5 (cinco), em que Gravidade diz respeito a não resolução do problema, e indica o impacto, principalmente, em relação aos resultados, e processos que surgirão em longo prazo. A urgência é a variável relacionada com a disponibilidade de tempo necessário para resolução de determinada situação, a Tendência analisa atendência ou o padrão da evolução, redução ou eliminação do problema.

Após analisados coletados os dados através da matriz GUT é possível identificar quais ações devem ser tomadas com mais ou menos prioridade e auxiliando também na criação no planejamento de manutenção.

2.10 Curva ABC

A curva ABC é um método de classificação de informações que separa os itens de maior importância ou impacto, que são normalmente em menor número. Trata-se de uma classificação estatística de materiais, baseada no princípio de Pareto, em que se considera a importância dos materiais, baseada nas quantidades utilizadas e no seu valor. A figura 4 mostra essa curva e o quadro 4 mostra os critérios que devem ser seguidos para determinar a criticidade de cada equipamento utilizando o fluxograma da curva ABC ..

3 METODOLOGIA

Foi utilizado o método pesquisa-ação, onde há uma intervenção do pesquisador na realidade observada. Primeiramente, foi realizado um estudo sobre a manutenção, métodos de manutenção, planejamento e controle de manutenção e robôs de paletização industriais, onde foram feitas pesquisas analisando artigos, consultando o manual técnico feito pela empresa responsável pela instalação dos robôs e pela fabricante e a realidade da empresa estudada. O objetivo dessa avaliação é obter um entendimento sobre como funciona as manutenções nas células robóticas, como por exemplo, a frequência, disponibilidade dos robôs e o tempo médio de reparo entre as manutenções.

Para isso, também, buscou-se estudar autores de trabalhos científicos que abordam o processo de manutenção preventiva em robôs industriais e como aplicá-los, bem como o uso de checklist destinado aos operadores para obtenção de informações e o relatório de paradas já existente no setor, com base na análise dos dados coletados, foi realizada a identificação dos componentes críticos e prioritários dos robôs através da curva ABC e matriz de prioridades (GUT), como forma de auxiliar o controle e planejamento da manutenção. As ferramentas utilizadas para busca desses trabalhos foi o Google acadêmico, a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e CAPES por apresentarem resultados de diversos repositórios acadêmicos nacionais utilizando filtros sobre os temas de robótica, manutenção industrial, planejamento e controle de manutenção, criticidade de equipamentos e ações prioritárias.

Posteriormente, mediante vistorias no setor da robótica, realizou-se o levantamento de todos os equipamentos que constituem o setor, identificando-os, sua respectiva função e seus componentes. Para o levantamento desses dados, foi utilizado o manual técnico do fabricante para melhor descrição. Foram coletados dados também das condições dos robôs e seus componentes bem como seu funcionamento no dia a dia e os gargalos existentes no setor, como também documentos acerca de manutenções feitas e problemas crônicos que existem no setor de robótica.

A próxima etapa envolveu a elaboração de um plano e cronograma de manutenção preventiva do setor de robótica. Assim, foram definidos os equipamentos que serão realizados as manutenções, as ferramentas que serão utilizadas e as datas de cada manutenção.

Por fim, ao analisar e interpretar os dados obtidos na pesquisa foi elaborado e proposto um modelo de plano de manutenção preventiva para as células robóticas de paletização presente na indústria que está sendo objeto de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificações dos componentes do setor de robótica

1. Braços robóticos: O quadro 5 apresenta os principais componentes que fazem parte do braço robótico.

Função: Responsável por colocar os fardos em cima do palete.

Quadro 5: Componentes do braço robótico

| Componente | Modelo | Fabricante | Quantidade |
|-------------------------------|----------------|--------------------|------------|
| Servo Motor | KK53Y-AAAA-017 | SIEMENS | 4 |
| Cilindro Pneumático | CP96SDB63-250C | SMC | 2 |
| Correia Dentada | AT10-1940 | CORREIAS SCHNEIDER | 1 |
| Polias | 47-AT10 20 | OPTIBLT | 2 |
| Guia Linear Com Pino Graxeiro | HGW 30 CC-ZA-C | HIWIN | 4 |
| Trilho Guia | HGR30-R7-60 | HIWIN | 2 |
| Amortecedor Hidráulico | ECOOEM1.0MFB | MISUMI | 2 |
| Rolamento | 6202ZZ | NSK | 4 |
| Sensor Fotoelétrico | XUB9APBNM12 | TELEMECANIQUE | 1 |
| Espelho Prismático | XUY1111 | TELEMECANIQUE | 1 |

Fonte: Autor, 2024.

2. Carro Leve e Carro Pesado:

Função Carro Leve: Equipamento responsável por fornecer paletes vazios para os transportadores leves para que seja realizado o processo de paletização. // **Função Carro Pesado:** Equipamento responsável por fornecer os paletes já prontos para que seja realizado envelopamento e empilhamento.

Observação: Apesar de possuírem os mesmos componentes em sua estrutura, o carro leve e o carro pesado realizam funções diferentes.

Quadro 6: Componentes do Carro leve e do Carro Pesado

| Componente | Modelo | Fabricante | Quantidade |
|--------------------------|-----------------|----------------------|------------|
| Rolo Transportador | RD-3966NKFU9F | INTERROLL | 9 |
| Caixa de Mancal | UCF205 | SKF | 1 |
| Caixa de Mancal | UCF307 | SKF | 4 |
| Motoredutor | FHZ57DRN90S4BE2 | SEW EURODRIVE | 1 |
| Motoredutor | SAF577DN90S4 | SEW EURODRIVE | 1 |
| Rolamento Esfera | 6200ZZ | NSK | 1 |
| Rolamento Esfera | 6804ZZ | NSK | 4 |
| Roda | - | MAGNOFLUX | 4 |
| Eixo de Transmissão | - | MAGNOFLUX | 2 |
| Engrenagem P/ Corrente | ASA40.2 12-Z | ABELT ENGRENAGENS | 1 |
| Engrenagem P/ Corrente | ASA40.2 28-Z | ABELT ENGRENAGENS | 2 |
| Engrenagem P/ Corrente | 10B-1 x 15-Z | ABELT ENGRENAGENS | 2 |
| Trilho para Deslocamento | VIGA U-3POL-6M | HIPERFERRO | 2 |
| Sensor Fotoelétrico | XUM9APXBL2 | TELEMECANIQUE | 3 |

Fonte: Autor,2024.

3. Transportador Leve e Pesado

Função Transportador Leve: Equipamento responsável por transportar os paletes vazios até os transportadores pesados. // Função Transportador Pesado: Equipamento responsável por transportar os paletes prontos até os carros pesados.

Observação: Apesar de possuírem os mesmos componentes em sua estrutura, o transportador leve e o transportador pesado realizam funções diferentes.

Quadro 7 : Componentes do transportador Leve e Pesado

| Componente | Modelo | Fabricante | Quantidade |
|-------------------------|--------------|----------------------|------------|
| Rolo Transportador | 3950AZ89X-3 | INTERROLL | 11 |
| Motoredutor | SAF57DRN90L4 | SEW EURODRIVE | 1 |
| Rolamento de esfera | 6804ZZ | NSK | 4 |
| Engrenagem P/ Corrente | 10B-1 X 13-Z | ABELT ENGRENAGENS | 1 |
| Engrenagem P/ Corrente | 10B-1 X 15-Z | ABELT ENGRENAGENS | 2 |
| Caixa de Mancal | UCF205 | SKF | 2 |
| Sensor Fotoelétrico | XUM9APXBL2 | TELEMECANIQUE | 3 |
| Corrente de Transmissão | DIN 16B-1 | INDUSCOR | 7 |

Fonte: Autor,2024.

4. Magazine de Palete

Função: Equipamento responsável por armazenar e distribuir paletes para o carroleve.

Quadro 8: Componentes do Magazine de Palete

| Componente | Modelo | Fabricante | Quantidade |
|-------------------------|---------------|----------------------|------------|
| Cilindro Pneumático | CP96SDB63-250 | SMC | 2 |
| Corrente de Transmissão | DIN 16B-1 | INDUSCOR | 52 |
| Rolamento de Esfera | 6205ZZ | NSK | 8 |
| Caixa de Mancal | UCF 307 | SKF | 4 |
| Anel de Fixação | D.50X80 | RINGFEDER | 2 |
| Engrenagem P/ Corrente | 16B-1 x 23-Z | ABELT ENGRENAGENS | 2 |
| Engrenagem P/ Corrente | 10B-1 x 15-Z | ABELT ENGRENAGENS | 1 |
| Motoredutor | KHF67DRN80MPA | SEW EURODRIVE | 1 |
| Motoredutor | SAF37DRS71S4 | SEW EURODRIVE | 1 |

Fonte: Autor,2024.

5. Esteira Transportadora

Função: Equipamento responsável transportar os fardos até o robô de paletização.

Quadro 9 :Componentes Esteira Transportadora

| Componente | Modelo | Fabricante | Quantidade |
|-----------------------|-------------|---------------|------------|
| Rolos transportadores | 1700 EL-670 | INTERROLL | 24 |
| Lona | - | NURION | 1 |
| Motoredutor | S437DRS71M4 | SEW EURODRIVE | 1 |
| Caixa de Mancal | UCF205 | SKF | 2 |
| Unidade Compensadora | UCT205 | SKF | 2 |
| Eixo de Transmissão | - | MAGNOFLUX | 2 |

Fonte: Autor,2024.

4.2 Criticidade dos equipamentos

Após serem identificados os componentes do setor, foram aplicados os critérios da matriz para determinar o grau de criticidade de cada equipamento. Segundo Pires (2018) equipamentos críticos são os equipamentos cuja falha tem o maior impacto potencial sobre os objetivos de negócio da empresa.

Dessa forma, para permitir a categorização dos equipamentos de acordo com sua relevância para a operação produtiva, foi organizado no quadro 9 os equipamentos que compõe as células robotizadas e seu grau de criticidade. Essa classificação é crucial para avaliar a importância crítica dos equipamentos, considerando como suas falhas podem impactar diretamente o fluxo produtivo.

Quadro 10: Equipamentos Críticos

| Equipamentos | Grau de criticidade |
|--------------------------|---------------------|
| Carro Pesado | A |
| Carro Carro Leve | B |
| Magazine de Palete | B |
| Robôs de Paletização | B |
| Transportador Pesado | B |
| Transportador Leve | C |
| Esteiras Transportadoras | C |

Fonte: Autor,2024.

Figura 5 – Quantidade de paradas por Equipamento



Fonte: Autor, 2024.

O quadro 10 apresenta os equipamentos que compõe o setor de robótica da empresa, determinando a criticidade de cada um deles através dos critérios adotados pela curva ABC. Já a figura 5 apresenta o gráfico da quantidades de paradas de cada um desses equipamentos, onde é possível visualizar o impacto negativo de cada um.

4.3 Prioridades dos equipamentos

No intuito de obter dados precisos sobre as falhas e problemas nos equipamentos, foi desenvolvido um checklist aplicado de forma sistemática no setor. Este checklist permitiu identificar, de maneira estruturada, as ocorrências de falhas dos equipamentos, além do checklist foram utilizadas as informações de controle interno, baseadas em planilhas de controle que a empresa utiliza para gerenciar a manutenção de seus ativos. Com base nos dados coletados por, foi possível aplicar a matriz GUT para priorizar as ações necessárias. A integração dessas ferramentas proporcionou uma abordagem completa na gestão da manutenção, focada na resolução eficiente dos problemas identificados e na garantia da operacionalidade contínua dos equipamentos críticos.

Figura 6 : Checklist aplicado no magazine de paletes

| Checklist Magazine de Paletes | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|----|----|
| DATA DA INSPEÇÃO: 02/05/2024 | | | HORA: 08:32 | | |
| NOME DO TÉCNICO RESPONSÁVEL PELA FISCALIZAÇÃO: Vitor Manoel Damasceno Gonçalves | | | | | |
| Nº | DESCRIÇÃO | Equipamento | C | NC | NA |
| 1 | Os parafusos estão apertados? | Distribuidor de paletes | X | | |
| 2 | Algum parafuso está faltando? | Distribuidor de paletes | X | | |
| 3 | As correntes de transmissão dos rolos apresentam algum tipo de desgaste? | Distribuidor de paletes | | | |
| 4 | Os pontos de lubrificação estão funcionando? | Distribuidor de paletes | X | | |
| 5 | Os sensores estão calibrados e fazendo a leitura correta? | Distribuidor de paletes | X | | |
| 6 | Os mancais de Rolamentos apresentam ruídos? | Distribuidor de paletes | | | |
| 7 | A corrente de transmissão do magazine apresenta algum desgaste? | Distribuidor de paletes | X | | |
| 8 | Os motores estão funcionando? | Distribuidor de paletes | X | | |
| Observações: Os componentes estão sujos, porém não há | | | | | |
| 1 | nenhum desgaste aparente. | | | | |
| 2 | | | | | |

Fonte: Autor,2024.

Figura 8 - Matriz de Prioridade GUT

| Tendência | | Urgência | | Gravidade | |
|-----------|---------------------------|----------|-------------------------------|-----------|-------------|
| 1 | Não vai piorar | 1 | Não tem pressa | 1 | Não é Grave |
| 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | Pode esperar um pouco | 2 | Pouco Grave |
| 3 | Vai Piorar em médio prazo | 3 | Resolver o mais cedo possível | 3 | Grave |
| 4 | Vai piorar em pouco tempo | 4 | Resolver com alguma urgência | 4 | Muito Grave |
| 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Gravíssimo |

| Matriz de Prioridade (GUT) | | | | | | | |
|---|-------------|---|-------------------------------|---|---------------------------|------------------|----|
| Descrição do problema | Gravidade | | Urgência | | Tendência | Prioridade Final | |
| Garra do robô 5 com parafusos folgados | Gravíssimo | 5 | Resolver o mais cedo possível | 3 | Vai piorar em pouco tempo | 4 | 12 |
| Atuadores da garra do robô 5 travados | Grave | 3 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 13 |
| Eixo de transmissão das rodas do carro Pesado 2 quebrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Vazamento de Ar no Cilindro Pneumático do Robô 4 | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar em pouco tempo | 4 | 14 |
| Sensor carro leve não calibrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Rolamento Carro Pesado 2 quebrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Ruído nos rolamentos dos carros Pesados | Grave | 3 | Resolver o mais cedo possível | 3 | Vai Piorar em médio prazo | 3 | 9 |
| Sujeira nas rodas dos carros Pesados | Pouco Grave | 2 | Pode esperar um pouco | 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | 6 |
| Vazamento de Ar na garra do Robô 5 | Grave | 3 | Pode esperar um pouco | 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | 7 |
| Garra do robô 5 quebrada | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Sensor do robô 4 descalibrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Vazamento de ar na garra do robô 1 | Grave | 3 | Pode esperar um pouco | 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | 7 |
| Corrente do carro leve quebrada | Pouco Grave | 2 | Pode esperar um pouco | 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | 6 |
| Rolamento carro pesado 3 quebrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Corrente Quebrada Carro pesado 3 | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Vazamento de Ar na magazine de paletes | Pouco Grave | 2 | Pode esperar um pouco | 2 | Vai Piorar em longo prazo | 2 | 6 |
| Sensor descalibrado Magazine de paletes | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Retentor do Cilindro Pneumático quebrado | Gravíssimo | 5 | Necessita de ação imediata | 5 | Vai piorar rapidamente | 5 | 15 |
| Corrente de Transmissão da magazine de paleta não lubrificada | Grave | 3 | Resolver o mais cedo possível | 3 | Vai Piorar em médio prazo | 3 | 9 |

Fonte: Autor, 2024.

Através da aplicação da matriz GUT foi feito o levantamento dos problemas a serem levados com uma maior prioridade em relação aos outros, para a determinação da pontuação alta de prioridade, foi levado em consideração os equipamentos que afetam diretamente o sistema como um todo, resultado em paradas de diversas linhas de produção ao mesmo tempo, dessa forma ao realizar o somatório das pontuações de tendência, urgência e gravidade é possível obter a maior nota que é 15, quando o componente estiver com essa pontuação a ação que será feita é extremamente prioritária.

4.4 Criticidade x Prioridade

Antes de elaborar o plano de manutenção preventiva foi necessário determinar a criticidade dos equipamentos e a prioridade de ação em cada um deles, é necessário entender a diferença entre os dois conceitos.

- **Criticidade:** Criticidade diferencia um equipamento mais crítico de outro menos crítico, utilizamos valores da empresa como critérios de avaliação; criticidade é atribuída ao equipamento.

- **Prioridade:** Prioridade é atribuída ao serviço, diferencia o serviço mais prioritário do serviço menos prioritário.

Alguns critérios são usados para avaliação de prioridade como, urgência, frequência e tendência.

Utiliza-se a criticidade do equipamento como critério de desempate para atendimento de serviço da mesma prioridade.

4.5 Elaboração plano de manutenção

Foi acompanhado ao longo dos 6 (seis) primeiros meses do ano de 2024, a empresa que está sendo utilizada como objeto de estudo, bem como o setor de robótica, dessa forma foi possível acompanhar todo o processo na produção da empresa que está diretamente ligado as células robotizadas, ou seja, é um equipamento chave para todo o processo produtivo, sendo um sistema complexo de funcionamento e operação constante .

Em robôs industriais, especificamente os de paletização, uma parada não esperada em seu funcionamento geram grandes impactos negativos na empresa, não só na produção, como também na parte comercial e de logística, para que esses gargalos não ocorram , é necessário evitar que paradas inesperadas ocorram como forma de diminuir os custos com os ativos, aumentar a segurança dos trabalhadores do setor bem como o aumento de produtividade dos robôs.

A elaboração de um plano de manutenção preventiva desempenha um papel crucial na otimização da eficiência operacional e na maximização da produtividade do sistema. Ao minimizar as paradas não programadas, o plano de manutenção contribui diretamente para a redução do tempo de inatividade da linha de produção, garantindo um fluxo contínuo e eficiente. Além disso, a identificação

precoce de falhas e desgastes nos componentes dos robôs possibilita a realização de intervenções corretivas de forma proativa, evitando assim problemas mais graves e custosos no futuro.

A manutenção preventiva pode ser programada com base em um cronograma de tempo ou utilização, e deve ser realizada pelos profissionais competentes antes que ocorram quaisquer problemas ou disfunções. Inspeções regulares, lubrificação, limpeza, troca de peças desgastadas, balanceamento, alinhamento e calibração são todas formas de manutenção preventiva SANTANA DE ALMEIDA(2023).

Com a finalidade de melhorar e padronizar as atividades de manutenção das células robotizadas foi utilizado o plano de manutenção preventivo elaborado por Costa (2022) e sendo adaptadas com a realidade das células robotizadas levando em consideração seus equipamentos e principais componentes mecânicos, recomendações de fabricantes e manuais. É importante frisar que o plano ainda não foi implementado na empresa, não possuindo assim dados reais de tarefas realizadas e planejadas.

Os planos de manutenções gerados estão nos apêndices A ao D, com a informação do equipamento, sua respectiva atividade e o dia em que deverá ser realizado. Com informações para que seja findadas as rotinas de manutenção de forma diária e com o tempo definido pelo fabricante.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo a elaboração de um plano de manutenção preventivo para as células robotizadas de paletização através de um embasamento teórico sobre manutenção e identificação dos equipamentos críticos e prioritários em uma planta industrial real, os planos de manutenção elaborados de cada um dos equipamentos está na aba de apêndices.

O plano de manutenção não foi implementado, por isso não há registros de falhas nas células, dessa forma não é possível realizar uma comparação da melhoria ocasionada pelo plano. Além disso, o plano elaborado irá facilitar as atividades de intervenção para novos integrantes da equipe de manutenção que nunca tiveram contato com o robô, porém para a aplicação correta do planejamento e cronograma montados é necessário o treinamento de cada técnico que irá realizar o serviço.

O objetivo atingido pelo presente estudo foi à elaboração do plano de manutenção preventiva através dos dados coletados dos equipamentos, vale salientar que o plano de manutenção preventiva não exclui a chance de ocorrer a manutenção corretiva, espera-se que diminua as atividades corretivas que não são planejadas, de melhorar, padronizar o processo de manutenção, aumentar a disponibilidade dos equipamentos das células robotizadas, bem como a produtividade da indústria onde está presente os robôs.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Hélder Torres. Desenvolvimento de um sistema de paletização robotizado. 2013. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Viseu (Portugal).
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada - São Paulo: Editora Saraiva, 2018.
- ASSIS, R. B de; SANTOS JÚNIOR, B. F. dos; FEITOZA, J. dos S. Planejamento e controle da manutenção. In: VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 2016, São Cristovão.
- CASTRO NETO, O. P. de. Determinação da priorização de equipamentos para manutenção por método de criticidade – estudo de caso - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pampa, Engenharia Mecânica, p.73. 2017.
- COSTA, Nilton et al. Elaboração do plano de manutenção preventiva do dispositivo robótico de inspeção de ambientes restritos e confinados-Espeleorobô. 2022.
- DAYCHOUM, M. 40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento. Rio de Janeiro: Brasport, 2011.
- FERREIRA, HIAGO VIANA. PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIOS DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA. 2021.
- GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Aurélio Barros. Engenharia de manutenção. São Paulo: Sagah Educação SA, 2018.
- LUTOSA, Leonardo. *et. al.* Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- NBR5462, N., 1994. “Associação brasileira de normas técnicas”.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial. Amazonas: Rev. Gestão Individual, 2008.
- PARISI, B. de F. B.; OLIVEIRA, K. F. de. Painel de gestão acadêmica dos cursos de graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe: uma proposta de Power Bi® como ferramenta gerencial. Revista de Gestão, 2020.
- ROMANO, Vitor Ferreira e DUTRA, Max Suell. Introdução à robótica industrial, 2016.
- SANTANA DE ALMEIDA, Brenda. Aplicação de Ferramentas de Qualidade na Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva para uma Microcervejaria no Paraná. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

SOARES, A. M. Planejamento e controle da manutenção como alavanca de resultados: implantação em uma indústria de carcinicultura. 2019. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

VIANA, H.R.G., 2022. PCM-Planejamento e Controle da manutenção - 2 edicao. Qualitymark Editora Ltda.

XENOS, H.G. Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. Editora Falconi, 2014.

| Plano de Manutenção Preventiva | Data: xx/xx/xxxx Técnico Responsável: Ação Realizada: | | | |
|--|---|--|---|---|
| Equipamento: Magazine de palete | | | | |
| Tarefas | Frequência | Material de consumo | Equipamento de Apoio | EPI'S Necessários |
| Inspeção Visual | | | | |
| Verificar o aperto das porcas e parafusos | Diária | | Chaves Allen 4 mm,5 mm e 6 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: não deve haver parafusos faltantes ou frouxos | | | | |
| Verificar se existe vazamento de Ar nos cilindros e nas mangueiras Pneumáticas | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar Danos na carcaça | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: Não deve haver arranhões, partes amassadas e rachaduras. | | | | |
| Verificar se o sensor fotoelétrico esta calibrado e limpo | Diária | | Álcool Isopropílico | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se tem alguma corrente quebrada ou solta | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se os rolamentos estão produzindo ruídos | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Intervenção e Manutenção | | | | |
| Troca do Motoredutor | 17000 horas de trabalho ou apresentar desgaste excessivo | SAF37DRS71S4 | Chaves Allen 4 ,5 e 6 mm e chave combinada de 8,10 e 13 mm. | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: O motoredutor deve ser instalado conforme instruções do manual | | | | |
| Troca da mangueira pneumática | 9000 horas de trabalho ou apresentar vazamento | Mangueira Pneumática De Poliuretano de 10 mm | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Troca de Rolamento de esfera | 5000 horas ou apresentar ruído ou apresentar desgaste excessivo | Rolamento 6205ZZ | Extrator de rolamento, Chave allen 4 | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Troca de Corrente de Transmissão | 8000 horas trabalhadas ou apresentar desgaste excessivo | DIN 16B-1 | Alicate de bico, chave combinada 10 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Lubrificação da corrente de transmissão | 88 horas trabalhadas | Óleo Morlina 100 | Almotolia Flexível | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Lubrificação do Rolamento de esfera | 88 horas trabalhadas | Graxa FM Grase HD2 | Engraxadeira Manual | Análise com equipe de segurança do trabalho |

| Plano de Manutenção Preventiva | | Data: xx/xx/xxxx Técnico Responsável: | | | Ação Realizada: |
|---|--|---|----------------------|--|---|
| Equipamento: Carro Leve e Pesado | | Data: xx/xx/xxxx | Técnico Responsável: | | Ação Realizada: |
| Tarefas | | Frequência | Material de consumo | Equipamento de Apoio | EPI'S Necessários |
| Inspeção Visual | | Frequência | Material de consumo | Equipamento de Apoio | EPI'S Necessários |
| Verificar o aperto das porcas e parafusos | | Diária | | Chaves Allen 4 mm,5 mm e 6 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: não deve haver parafusos faltantes ou frouxos | | Diária | | | Análise com equipe de |
| Verificar se o trilho está limpo | | Diária | | | Análise com equipe de |
| Verificar Danos na carcaça | | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: Não deve haver arranhões,partes amassadas e rachaduras. | | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se o sensor fotoelétrico está calibrado e limpo | | Diária | | Álcool Isopropílico | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se existe alguma corrente quebrada ou solta | | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se os rolamentos estão produzindo ruídos | | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Verificar se as rodas apresentam algum desgaste ou sujeira | | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Intervenção e Manutenção | | | | | |
| Troca do Motoredutor | | 17000 horas de trabalho ou apresentar desgaste Excessivo | FHZ57DRN90S4BE2 | Chave allen de 10 e 14 mm. | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Obs: O Motoredutor deve ser instalado conforme instruções do manual | | 20000 horas de trabalho | Roda de nylon 50 cm | Chave combinada 13,17 e 19 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Troca das rodas responsável pelo transporte | | 5000 horas ou apresentar ruído ou apresentar desgaste excessivo | 6804ZZ | Extrator de rolamento,Chave allen 4 | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Troca de Rolamento de esfera | | 8000 horas trabalhadas ou apresentar desgaste Excessivo | DIN 16B-1 | Alicate de bico, chave combinada 10 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Troca de Corrente de Transmissão | | 88 horas trabalhadas | Óleo Morlina 100 | Almotolia Flexível | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Lubrificação da corrente de transmissão | | 88 horas trabalhadas | Graxa FM Grase HD2 | Engraxadeira Manual | Análise com equipe de segurança do trabalho |
| Lubrificação do Rolamento de esfera | | | | | |

| Plano de Manutenção Preventiva | Data: xx/xx/xxxx Técnico Responsável: | | | | Ação Realizada: |
|---|---|--|--|---|-----------------|
| Equipamento: Braço Robótico | | | | | |
| Tarefas | Frequência | Material de consumo | Equipamento de Apoio | EPI'S Necessários | |
| Inspeção Visual | | | | | |
| Verificar o aperto das porcas e parafusos | Diária | | Chaves Allen 4 mm,5 mm e 6 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: não deve haver parafusos faltantes ou frouxos | | | | | |
| Verificar se a polia apresenta algum desgaste | Diária | | | Análise com equipe de | |
| Verificar Danos na carcaça | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: Não deve haver arranhões, partes amassadas e rachaduras. | | | | | |
| Verificar se a correia dentada apresenta algum desgaste | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Verificar se existe vazamento de ar nos cilindros | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Verificar se os rolamentos estão produzindo ruídos | Diária | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Intervenção e Manutenção | | | | | |
| Troca do Servo Motor | 20000 horas de trabalho ou apresentar desgaste excessivo | KK53Y-AAAA-017 | Chave allen de 10 e 14 mm. | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: O Servo Motor deve ser instalado conforme instruções do manual | | | | | |
| Troca de retentor do cilindro pneumático | 6000 horas de trabalho | Mangueira Pneumática De Poliuretano de 10 mm | Chave combinada 13,17 e 19 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Troca de Rolamento de esfera | 5000 horas ou apresentar ruído ou apresentar desgaste excessivo | | Extrator de rolamento, Chave allen 4 | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Troca de Corrente de Transmissão | 4000 horas trabalhadas ou apresentar desgaste Excessivo | DIN 16B-1 | Alicate de bico, chave combinada 10 mm | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Lubrificação da corrente de transmissão | 88 horas trabalhadas | Óleo Morlina 100 | Almotolia Flexível | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Lubrificação do Rolamento de esfera | 88 horas trabalhadas | Graxa FM Grase HD2 | Engraxadeira Manual | Análise com equipe de segurança do trabalho | |

| Plano de Manutenção Preventiva | | Data: xx/xx/xxxx | | | Técnico Responsável: | | Ação Realizada: | | |
|---|--|---|--|---------------------|----------------------|--|-----------------|---|--|
| Equipamento: Transportador leve e pesado | | | | | | | | | |
| Tarefas | | Frequência | | Material de consumo | | Equipamento de Apoio | | EPI'S Necessários | |
| Inspeção Visual | | | | | | | | | |
| Verificar o aperto das porcas e parafusos | | Diária | | | | Chaves Allen 4 mm, 5 mm e 6 mm | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: não deve haver parafusos faltantes ou frouxos | | | | | | | | | |
| Verificar Danos na carcaça | | Diária | | | | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: Não deve haver arranhões, partes amassadas e rachaduras. | | | | | | | | | |
| Verificar se o sensor fotoelétrico está calibrado e limpo | | Diária | | | | Álcool Isopropílico | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Verificar se existe alguma corrente quebrada ou solta | | Diária | | | | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Verificar se os rolamentos estão produzindo ruídos | | Diária | | | | | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Intervenção e Manutenção | | | | | | | | | |
| Troca do Motoredutor | | 17000 horas de trabalho ou apresentar desgaste excessivo | | SAF57DRN90L4 | | Chave allen de 10 e 14 mm. | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Obs: O Motoredutor deve ser instalado conforme instruções do manual | | | | | | | | | |
| Caixa de Mancal | | 0 horas de trabalho ou apresentar desgaste exce | | UCF205 | | Chave combinada 13, 17 e 19 mm | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Troca de Rolamento de esfera | | 5000 horas ou apresentar ruído ou apresentar desgaste excessivo | | | | Extrator de rolamento, Chave allen 4 | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Troca de Corrente de Transmissão | | 8000 horas trabalhadas ou apresentar desgaste Excessivo | | DIN 16B-1 | | Alicate de bico, chave combinada 10 mm | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Lubrificação da corrente de transmissão | | 88 horas trabalhadas | | Óleo Morlina 100 | | Almotolia Flexível | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |
| Lubrificação do Rolamento de esfera | | 88 horas trabalhadas | | Graxa FM Grase HD2 | | Engraxadeira Manual | | Análise com equipe de segurança do trabalho | |