

ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA METALOMECÂNICA DE MÉDIO PORTE

LOURIVAL JOSÉ DE SOUZA – ljssouza@hotmail.com
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR

ALEXANDRE MILKIEWICZ SANCHES – alexandre.sanches@ifpr.edu.br
INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – IFPR – CAMPUS PALMAS

SERGIO EDUARDO GOUVEA DA COSTA – gouvea@utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR

EDSON PINHEIRO DE LIMA – pinheiro@utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR

SILIANA LEMES DA SILVA SANCHES – silianalemes@alunos.utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR

ÁREA: 7. ENGENHARIA ECONÔMICA
SUBÁREA: 7.2 – GESTÃO DE CUSTOS

RESUMO: A NECESSIDADE DA CRIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA A GESTÃO DE CUSTOS NAS OPERAÇÕES DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO TÊM SE EVIDENCIADO COMO O CAMINHO SEGUIDO PELAS ORGANIZAÇÕES QUE BUSCAM MELHORAR SEU DESEMPENHO. ESTE ARTIGO TEM COMO OBJETIVO CONTEXTUALIZAR A IMPORTÂNCIA DAS ESTRATÉGIAS PARA A GESTÃO DE CUSTOS NAS OPERAÇÕES DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO PARA EVITAR OU REDUZIR AS MULTAS CONTRATUAIS ADVINDAS DA INDISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. A PESQUISA FOI REALIZADA SOB A PERSPECTIVA DE UMA EMPRESA DE MÉDIO PORTE POR MEIO DE UM ESTUDO DE CASO COM GESTORES DO RAMO METALOMECÂNICO. ESSAS ENTREVISTAS FORAM REALIZADAS COM OS GESTORES DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO ABORDANDO OS PILARES QUE FORMAM AS ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE CUSTOS PARA A MANUTENÇÃO. DADOS HISTÓRICOS DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO FORAM UTILIZADOS PARA COLABORAR NA CONFECÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS QUANTITATIVOS. OS RESULTADOS INDICAM QUE A INTEGRAÇÃO DOS FATORES ESTRATÉGICOS DE CUSTOS TENDE A OTIMIZAR AS OPERAÇÕES E, CONSEQUENTEMENTE, O AUMENTO DA LUCRATIVIDADE E PROPICIA A SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS. OS ELEMENTOS ESTRATÉGICOS DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO APONTAM A IMPORTÂNCIA DA MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA COMO ELEMENTO-CHAVE PARA A MANUTENÇÃO.

PALAVRAS-CHAVES: CUSTOS DE MANUTENÇÃO, TERCEIRIZAÇÃO, PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM).

1. INTRODUÇÃO

As organizações encontram-se cada vez mais em um ambiente de negócios competitivo. Nesse ambiente, além de elas buscarem estratégias para melhorar a qualidade de seus sistemas produtivos e a confiabilidade ao mesmo tempo, buscam também a redução de seus custos de manutenção (JALHAM e AL-MASARWEH, 2024).

Rebaiaia e Ait-Kadi (2024) destacam a vinculação das decisões de planejamento de manutenção a planos de produção e qualidade. O planejamento de manutenção melhora a disponibilidade da máquina e a sua confiabilidade, reduzindo a taxa de falhas. Além disso, promove o aumento da qualidade, reforçando a sua função. As máquinas iniciam suas operações em estado normal de funcionamento, mas, as condições se deterioram com o passar do tempo, aumentando a probabilidade de falhas.

As organizações que têm excelência em sua engenharia de manutenção possuem vantagem competitiva para se tornarem empresas de classe mundial (LI *et al.*, 2024). Uma tendência crescente na indústria é a terceirização das atividades de manutenção, podendo proporcionar a ela vantagens competitivas (HAOUES *et al.*, 2019; VAXEVANIS E KONSTANTOPOULOS, 2015; BAZARGAN, 2016).

Assim, o presente estudo tem como problema de pesquisa: como reduzir os custos de manutenção e reduzir possíveis multas contratuais provenientes da indisponibilidade de máquinas e equipamentos?

E o objetivo deste artigo é contextualizar a importância das estratégias para a gestão de custos nas operações de produção e manutenção para evitar ou reduzir as multas contratuais advindas da indisponibilidade de máquinas e equipamentos.

Para isso, a pesquisa valeu-se de uma revisão de literatura dos tópicos voltados à gestão de custos de manutenção, terceirização, planejamento e controle da manutenção bem como com entrevistas com gestores da empresa que compôs o estudo de caso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão de custos

Um dos maiores desafios das organizações é analisar o comportamento de seus custos fixos e variáveis. As empresas com um maior nível de desenvolvimento tecnológico têm custo fixo mais baixo. Isso traduz o risco operacional menor do que quando uma empresa gerencia o aumento do seu nível de desenvolvimento tecnológico e, assim, reduz a sua força de trabalho. Portanto, uma vez que os itens de custo de mão de obra de fabricação direta e

indireta são, na sua maioria, classificados como custos fixos, os esforços devem ser feitos para transferi-los aos custos variáveis através da adoção de contratos flexíveis, terceirização e pagamento de planos por desempenho (SINGH e AWOKE, 2023; QIN *et al.*, 2024; JALHAM e AL-MASARWEH, 2024).

Além de influenciar as entregas, a eficiência da produção, em tempo, capacidade e eficácia de custo total da planta, a manutenção tem impacto considerável na qualidade do produto por meio de sua dependência das condições do equipamento. Igualmente, a manutenção é esperada para fazer uma contribuição a longo prazo para a rentabilidade de uma empresa, intensificando a eficiência da produção, aumentando a vida útil dos equipamentos e melhorando a confiabilidade e disponibilidade dos mesmos, sem quaisquer interrupções ou causar danos aos operadores e ao meio ambiente (CHAUREY *et al.*, 2023; SHANKAR *et al.*, 2023).

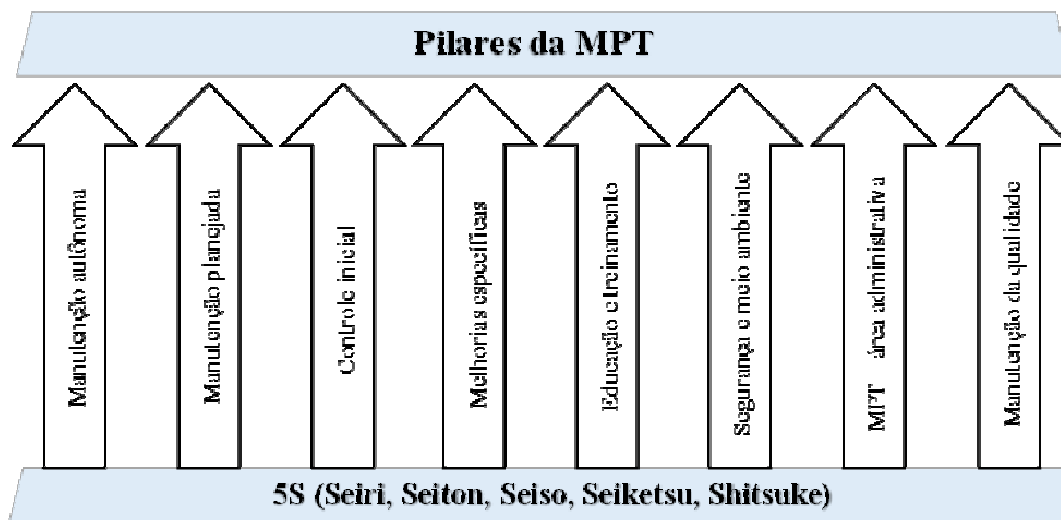
Falhas inesperadas em máquinas afetam diretamente sua disponibilidade, levando à diminuição da capacidade, exigindo manutenção imediata, gerando elevação dos custos e riscos para a rentabilidade da produção (WAKIRU *et al.*, 2019). Geralmente, os custos de inatividade são altos. E a manutenção representa uma proporção de 15 a 20% dos custos de produção, dependendo do ramo industrial. A inatividade relacionada à falha no equipamento ou falta de qualidade no serviço prestado pela manutenção podem contribuir para aumento do custo do produto (VAZ *et al.*, 2023; BOUSLAH *et al.*, 2018).

2.2 Manutenção Produtiva Total (MPT)

A MPT é um sistema japonês de gestão da fábrica, desenvolvido a partir de conceito de manutenção preventiva, tendo como objetivo reduzir as grandes paradas de equipamento não planejadas e reduzir a zero perdas de produtividade provocadas por indisponibilidade de máquinas. As atividades de MPT são a eliminação de perdas de produção relacionadas com a disponibilidade, a taxa de desempenho, e a taxa de qualidade (CHAUREY *et al.*, 2023).

A MPT está intimamente ligada ao Just in Time (JIT) e à Gestão da Qualidade Total (GQT), sendo uma extensão da Manutenção Preventiva (MP), em que as máquinas funcionam em um nível elevado de eficiência e produtividade (CHAUREY *et al.*, 2023). A Figura 1 representa os elementos que formam os pilares da MPT:

FIGURA 1 - Pilares da MPT



Fonte: Chaurey *et al.* (2023).

Portanto, a execução da MPT aumenta a produtividade, qualidade e confiabilidade do processo. Já a Manutenção Preventiva (MP) tem como objetivo detectar o defeito e corrigi-lo antes que a falha ocorra. Nesse caso, o próprio operador é responsável pela manutenção diária do equipamento (CHAUREY *et al.*, 2023; SINGH e AWOKE, 2023).

2.3 Terceirização da manutenção

Estudos têm mostrado que a manutenção não é um elemento principal na produção. A terceirização frequentemente é usada pelas organizações para melhorar seu planejamento global. Em diferentes organizações a terceirização feita de forma adequada pode reduzir prazos de entrega dos produtos. Se uma indústria considera a manutenção como uma atividade interna, ela precisa manter peças de reposição pertinentes, treinar seu pessoal da área e atualizar seus conhecimentos periodicamente sobre mudanças de tecnologia (QIN *et al.*, 2024; JALHAM e AL-MASARWEH, 2024).

A descentralização da manutenção para terceiros pode levar uma empresa contratante a perder o domínio das suas atividades de manutenção e suas operações. Por outro lado, há uma linha de pesquisadores que rediscutem a perspectiva tradicional e o foco em melhorar a eficácia das estratégias de manutenção por meio da terceirização desse setor. Nos sistemas de produção modernos, os equipamentos geralmente são confiáveis e o planejamento da produção e da manutenção preventiva são integrados (QIN *et al.*, 2024; VAZ *et al.*, 2023; SINGH e AWOKE, 2023).

Os conflitos entre trabalhadores internos e terceirizados podem impactar no resultado das operações de uma organização, pela percepção dos clientes internos. Sendo assim, somente se forem trabalhadas as diferenças e propiciado um ambiente harmonioso entre trabalhadores internos e terceirizados, dada a capacidade dos valores e crenças desses dois tipos de cultura para controlar as relações de desconfiança e conflito relacional, ao projetar suas estratégias de terceirização, os gestores podem encontrar parte da chave para o sucesso de suas propostas de terceirização (JALHAM e AL-MASARWEH, 2024; QIN *et al.*, 2024).

Assim, a terceirização permite às empresas maximizarem o retorno de seus investimentos sobre seus recursos internos. Isso, feito de forma a manter e desenvolver as competências essenciais, criando barreiras para se protegerem contra os concorrentes atuais e futuros, através do investimento em inovação e, finalmente, oferecendo um bem ou serviço de melhor custo e qualidade para o cliente (CAMPBELL, 1995).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Um estudo de caso foi realizado com gestores de uma empresa do ramo metalomecânico. Ele baseou-se no conceito que descreve o estudo de caso como a estratégia utilizada pelos pesquisadores que procuram responder a questões do tipo “como” e “por quê”. Essa escolha é justificada pelo fato de que nesses casos, o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco da pesquisa está inserido em fenômenos contemporâneos no contexto da vida real (YIN, 2015).

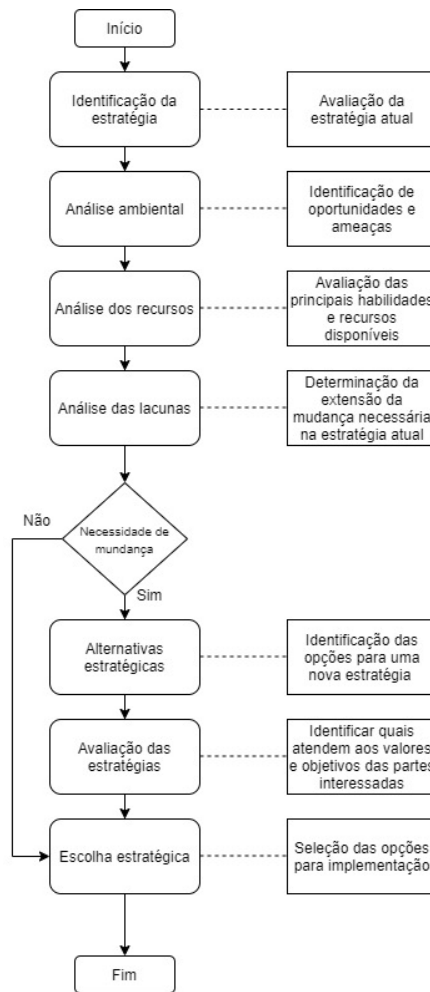
Para a realização do estudo de caso, foram entrevistadas as pessoas que tivessem envolvimento direto com a área que afeta a formação dos custos de manutenção, sendo elas o diretor industrial, o gerente industrial, o supervisor de produção, o supervisor de logística e dois supervisores de qualidade.

As questões norteadoras feitas aos entrevistados foram:

- A empresa sofre muitas contratuais por atraso, devido a problemas de manutenção?
- Qual a causa raiz do problema? Se houver mais de uma, indique-as.

A presente pesquisa baseou-se no modelo apresentado por Deschamps (2013) para coleta e análise de dados tanto qualitativos como quantitativos, conforme apresentado na Figura 2.

FIGURA 2 - Coleta de dados e análise dos resultados



Fonte: Adaptado de Deschamps (2013).

A partir do fluxo da Figura 2 algumas hipóteses são lançadas:

H1. A política de manutenção é pouco robusta, encarecendo seus custos.

H2. Os riscos de falta de confiabilidade de máquinas e equipamentos comprometem o atendimento da demanda, gerando muitas contratuais por atraso nas entregas.

H3. A necessidade de um estoque de segurança é grande porque minimiza o impacto da indisponibilidade de máquinas na linha de produção.

Portanto, o presente estudo de caso, descrito na seção 4, abordou os pilares que formam as estratégias de gestão de custos para a manutenção assim como compreender o quão fundamentado encontra-se cada um desses pilares na empresa estudada. O uso de dados qualitativos, baseados nas entrevistas e os dados quantitativos obtidos pelos resultados na produção consolidaram a base para uma análise deste estudo, bem como a proposição de métodos a serem seguidos pela empresa apresentado no fluxo da Figura 2.

4. ESTUDO DE CASO

A empresa estudada é brasileira possui mais de 30 anos de atuação no setor metalomecânico, fabricando kits e peças montadoras de máquinas de construção e máquinas agrícolas. Também fabrica kits para os setores de transporte ferroviário, peças para equipamentos hospitalares, equipamentos do setor petrolífero e peças de protótipo para a indústria automobilística. O fornecimento dos produtos é feito de duas formas: pedido por encomenda e por produção para estoque. O atendimento desses pedidos é feito para atender ao mercado nacional.

Os dados analisados para esta pesquisa abrangeram o período 1 (ano 1) ao período 13 (ano 2). Considera-se, para efeito de dados comparativos, que a implantação da gestão estratégica de custos da manutenção ocorreu a partir do período 7 (início do ano 2) e os resultados obtidos a partir desse período que despertaram o interesse científico temática do presente artigo.

4.1 Planejamento e Controle da Manutenção

Uma vez por ano é feito um planejamento e um estudo de planejamento de produção mensal, dentro da disponibilidade e necessidade de produção, sendo destinado 6% do tempo disponível por mês dedicado à manutenção e o PCM alinha o momento das manutenções com o PCP e fazendo a gestão da execução, firmando e acompanhando desde a hora prevista para parada para manutenção até a disponibilização deste para a produção. Para os equipamentos gargalo, a manutenção é planejada através da avaliação da necessidade de máquina pela previsão da demanda e pela carteira de pedidos.

Nos momentos em que há uma menor demanda pelo equipamento, ele é parado para a manutenção. Se, por algum motivo devido a um aumento de demanda seja necessário utilizar as horas planejadas para manutenção para atender a demanda, é planejado para o final de semana a execução da manutenção. Mas, a manutenção planejada sempre deverá ser cumprida.

Quanto à manutenção produtiva total, todos os operadores são treinados pela equipe de manutenção para realizá-la, bem como todas as manutenções corriqueiras de prevenção, incluindo: lubrificação, checagem de ruído, limpeza, lista de verificação de pontos críticos que necessitem de acompanhamento são checados e controlados através de formulários de controle pelos próprios operadores. Caso haja alguma necessidade de intervenção da manutenção no equipamento, o próprio operador a solicita.

Foi criada uma área de PCM para melhor gerenciar a atividades da manutenção. Contratou-se um técnico para planejar e controlar toda a manutenção eletrônica, elétrica e mecânica. Esse técnico também é responsável pelo pré-setup reduzindo o tempo de *setup* e aumentando a disponibilidade da máquina.

No Plano Anual de Manutenção Preventiva adotado pela empresa Alpha, quando ocorre a manutenção preventiva, a máquina fica indisponível para os operadores. Nesse período, a manutenção é executada pelos técnicos de manutenção. As equipes de manutenção da empresa são divididas entre equipes próprias, como as da manutenção elétrica e mecânica. Porém, com estudos promovidos pela equipe de pesquisadores e apresentado a gerência da empresa, chegou-se à conclusão de que a equipe de manutenção eletrônica deveria ser terceirizada. Isso por conta de dois motivos: o primeiro, de que a mão de obra necessária é altamente especializada para lidar com equipamentos modernos e que frequentemente sofre atualizações, em segundo, porque a manutenção de equipamentos eletrônicos ocorre somente em situações de manutenção corretiva, foi proposto também um plano de manutenção preditiva, isso com base no histórico de intervenção em determinados componentes da máquina.

Toda a gestão e organização das ferramentas de dobra, corte e montagem foi catalogada e cadastrada no sistema pelo PCM para melhor organizar, disponibilizar e, também controlar a vida útil das ferramentas.

O objetivo dos contratos de manutenção é reduzir custos e tempos ociosos de instalações por estratégias de manutenção eficazes. Uma gestão eficaz de manutenção melhora o tempo e a vida útil da máquina (SINGH e AWOKE, 2023; BAZARGAN, 2016).

FIGURA 3 - Lista de verificação da Manutenção Produtiva Total (MPT) da empresa

Empresa Alpha		Plano Anual de Manutenção Preventiva																																																				
		Responsável pela Manutenção: Nome												Ano : 2024																																								
		Mês	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Julho				Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro							
Setor:	Corte Laser /Estamparia	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Máquina	Data da manutenção	Visto/Gerência																																																				
Equipamento A	02 jun.																																																					
Equipamento B	15 jan. e 06 ago.																																																					
Equipamento C	05 fev. e 03 set.																																																					
Equipamento D	12 mar. e 01 out.																																																					
Resp. Manutenção / Visto:																																																						
Observações Gerais:																																																						
1 - A gerência e supervisor da produção deverão disponibilizar o operador da máquina para auxiliar o técnico de manutenção na execução da preventiva. 2 - O técnico de manutenção deverá solicitar o material necessário para a manutenção preventiva do equipamento duas semanas antes da execução. 3 - Este plano de manutenção deverá ser realizado conforme data de programação e visto mensalmente após execução pela gerência. 4 - Após o preenchimento deste formulário (período de um ano), o técnico de manutenção deverá vistá-lo e arquivá-lo.																																																						
Ações: Não executado Executado Planejado																																																						

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A Figura 3 apresenta destacados os planos de manutenção para o ano de 2024 das quatro máquinas-gargalo do processo produtivo. É possível observar que as máquinas nunca

são disponibilizadas para as manutenções simultaneamente, evitando impacto na produção diária para atendimento da demanda.

4.2 Gerenciamento de estoques

Diante dos elementos analisados na empresa estudada, o gerenciamento do estoque de peças sobressalentes era definido e mantido sem dados estatísticos consistentes que informassem a necessidade e giro de estoque das peças. Assim, uma das deficiências encontradas por essa falta de estudo era a constatação de uma demanda de componentes que não havia em estoque, ou seja, a máquina em manutenção corretiva aguardava a chegada do item comprado em caráter de emergência e com frete especial, urgente, encarecendo o custo de aquisição desse item.

Com base nessa constatação, fez-se um estudo estatístico com as informações do ERP no módulo de compras com os itens que eram comprados com maior frequência para atender a demanda da manutenção. Em seguida, considerou-se o valor do item e, então, foram definidos estoques mínimos e máximos dos componentes mais utilizados. O estoque de peças sobressalentes era de cerca de USD 400 mil, e esse valor foi reavaliado, considerando itens com baixo giro, ou seja, sem utilização há mais de seis meses. Esses itens foram vendidos, e os itens que tinham giro de estoque maior foram reavaliados com a necessidade de aumento do estoque mínimo para evitar possível falta de peças, e os itens com baixo giro, isto é, com giro inferior a três meses, os valores máximos foram baixados para evitar estoque em excesso, onerando assim o valor do estoque desnecessariamente. Posteriormente à reavaliação do estoque foi possível baixar o estoque de peças sobressalentes em 40%.

As peças de reposição têm grande influência sobre todos os tipos de atividades de manutenção e disponibilidade de processo. Para o caso de equipamentos críticos isso poderia levar a graves consequências, como os custos de parada excessivos, custo de mão de obra ociosa e assim por diante. Unidades de processos modernas são obrigadas a estarem disponíveis para a operação a maior parte do tempo. A indisponibilidade devido a peças de reposição não é tolerável. A manutenção, muitas vezes, depende da disponibilidade de peças de reposição e, por isso, a adequação de peças de reposição em estoque tem um impacto direto sobre o funcionamento do sistema. Isso pode ser facilmente alcançado através do armazenamento de uma quantidade suficiente de peças de reposição no inventário (SINGH e AWOKE, 2023).

Após o estoque de peças sobressalentes ter sido redefinido, o atendimento das necessidades da manutenção foi reduzido em até 50% do tempo de máquina indisponível, isso

porque as peças de reposição estavam disponíveis no estoque, não havendo a necessidade de espera chegada do item para substituição, antes do planejamento das manutenções preventiva e preditiva. O PCM faz um estudo da necessidade de material e o providencia caso não seja um item de estoque e o disponibiliza com três dias de antecedência da data planejada para a manutenção.

4.3 Terceirização da mão de obra

Com a demanda de manutenção analisada, identificou-se que não havia necessidade de manter dois técnicos de manutenção eletrônica como funcionários efetivos, visto que foi buscado no mercado local uma empresa especializada nesse assunto. Foram selecionadas entre três opções uma empresa que possuísse conhecimento no segmento de máquinas do portfólio da empresa e foi acordado um contrato de manutenção que contemplasse as manutenções preditiva, preventiva e corretiva.

A partir da alteração efetiva, ficou acordado que o PCM passaria a planejar as manutenções e enviar as datas por meio de um sistema integrado com o prestador de serviço. Isso para as manutenções preditiva e preventiva. Já para a manutenção corretiva, a empresa deixaria disponível, quando necessário, um técnico para atender a demanda específica para esse serviço. Tal mão de obra é específica e qualificada no atendimento dos equipamentos do portfólio da empresa, sendo exigido que os técnicos eletrônicos que atendam a essa demanda sejam qualificados pelo fornecedor das máquinas em questão. A cada oito meses a empresa contratada apresenta uma documentação fornecida pela fabricante das máquinas um certificado de reciclagem.

As manutenções mecânicas e prediais não foram terceirizadas, pois verificou-se que não se justificava essa terceirização, observando que a mão de obra existente na empresa é experiente e seu custo tem uma representatividade menor do que a manutenção da área eletrônica.

Como consequência dessas medidas, antes, a mão de obra de dois técnicos eletrônicos como funcionários efetivos tinha um custo de aproximadamente USD 80 mil ao ano e, com a terceirização, o valor contratado passou para USD 16 mil ao ano.

4.4 Gestão de custos da manutenção

Na empresa estudada, o desenvolvimento do módulo de Manutenção deu-se no ERP. O PCM passou a planejar diretamente no ERP, e à medida que o PCP faz o planejamento via MRP, o sistema automaticamente identifica a necessidade do tempo já reservado para

manutenção e entende que tal reserva indicará indisponibilidade do equipamento.

A plataforma de manutenção também faz toda a gestão dos componentes avaliados e planejados. A manutenção preditiva, além de verificar a necessidade de substituição do componente em questão também faz a verificação e gestão do estoque de peças sobressalentes, ou seja, o sistema identifica automaticamente a necessidade de compra dos itens e gera a requisição de compra levando em consideração a data de chegada do item. Há ainda um estoque mínimo e máximo parametrizados para alguns itens, obedecendo a política de estoque definida pelo PCM.

Todo o histórico de manutenção dos equipamentos é registrado e armazenado no software a cada requisição de manutenção aberta e atendida. Dessa forma, o PCM consegue identificar e tratar cada equipamento ou componente com a criticidade necessária. O histórico e gerenciamento do valor de estoque de peças sobressalentes é monitorado diariamente, evitando assim, possível falta de estoque ou estoque em excesso.

Como mencionado anteriormente, a empresa estudada não possuía uma gestão estratégica de custos da manutenção. Com a implantação da MPT, os resultados alcançados foram expressivos. Das 21 máquinas e equipamentos existentes na linha de corte e estampagem, foram selecionados os quatro considerados gargalo no processo produtivo.

As empresas que utilizam um sistema de informação na gestão da manutenção tendem a ser mais competitivas perante seus concorrentes, pois o sistema de informação oferece maior velocidade nos processos decisórios, quando as informações são acessadas rapidamente, reduzindo o tempo necessário para administração das áreas da manutenção (SHANKAR *et al.*, 2023; REBAIAIA e AIT-KADI, 2024).

A Figura 4 (exemplo do Equipamento C) representa a folha de verificação criada para melhorar a eficiência do controle da manutenção produtiva total. Ela é utilizada nas 21 máquinas da empresa, ou seja, cada máquina possui sua própria folha.

O responsável pela verificação é o próprio operador da máquina, capacitado para isso, justamente pelo fato de ele conhecer o uso da máquina, bem como os detalhes que podem interferir no seu bom funcionamento. Desse modo, a eficiência é alcançada porque a folha de verificação atua no defeito, em vez da falha, a qual pode causar parada na máquina.

O aumento da disponibilidade de dados torna possível para uma exata e precisa tomada de decisão na manutenção, visto que os dados coletados são relevantes, usados corretamente para manter o nível esperado de qualidade. É necessário ter uma alta qualidade de dados, desde que a informação correta contribua para o processo de tomada de decisão (SHANKAR *et al.*, 2023).

FIGURA 4 - Lista de verificação da MPT da empresa

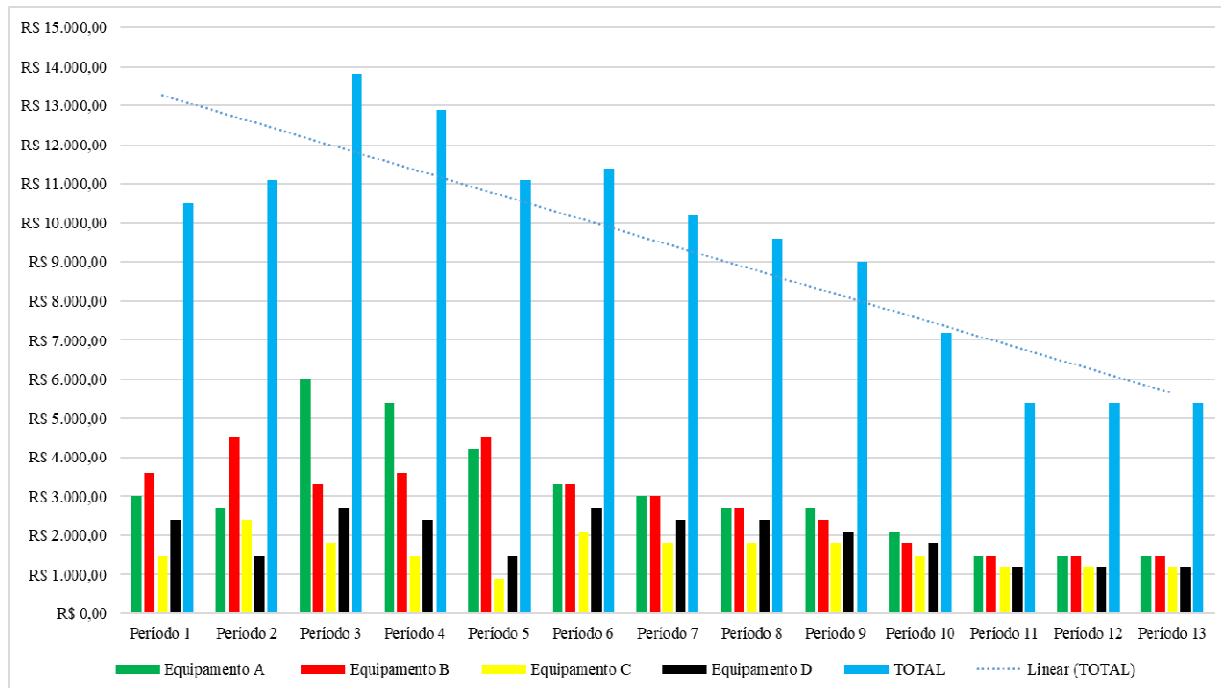
Empresa Alpha		Manutenção Produtiva Total - MPT							
		Check List: Equipamento C							
Responsável Manutenção:		Mês:							
DIAS									
Itens a verificar	1	2	3	4	5	6	7		
	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno
	Limpeza/Livre de riscos								
	Ruído (s)								
	Vazamentos (ar e/ou óleo)								
	Iluminação								
	Emergência								
	Porta de Segurança								
Barreiras de segurança									
Instrumento(s) de medição									
Livro de Bordo									
Operador / Visto									
DIAS									
Itens a verificar	8	9	10	11	12	13	14		
	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno
	Limpeza/Livre de riscos								
	Ruído (s)								
	Vazamentos (ar e/ou óleo)								
	Iluminação								
	Emergência								
	Porta de Segurança								
Barreiras de segurança									
Instrumento(s) de medição									
Livro de Bordo									
Operador / Visto									
DIAS									
Itens a verificar	15	16	17	18	19	20	21		
	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno
	Limpeza/Livre de riscos								
	Ruído (s)								
	Vazamentos (ar e/ou óleo)								
	Iluminação								
	Emergência								
	Porta de Segurança								
Barreiras de segurança									
Instrumento(s) de medição									
Livro de Bordo									
Operador / Visto									
DIAS									
Itens a verificar	22	23	24	25	26	27	28		
	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno	1º turno	2º turno	3º turno
	Limpeza/Livre de riscos								
	Ruído (s)								
	Vazamentos (ar e/ou óleo)								
	Iluminação								
	Emergência								
	Porta de Segurança								
Barreiras de segurança									
Instrumento(s) de medição									
Livro de Bordo									
Operador / Visto									
Resp. Manutenção / Visto									
LEGENDA: OK - Sem problemas F - Falha (Comunicar manutenção) N.A. - Não aplicável		Obs. Hora Máquina:							
Observações Gerais: 1 - Este check-list deverá ser realizado/visto diariamente pelo operador responsável pela máquina antes de iniciar suas operações, salvo se não houver serviço para o dia. 2 - Caso o operador encontre alguma irregularidade, deverá descrever a "Falha" no campo de observações e comunicar o técnico da manutenção. 3 - Divergências referentes aos instrumentos de medição deverão ser tratados com o Responsável pela Produção e com a Eng. da Qualidade. 4 - Após o preenchimento deste formulário (período de um mês), o técnico da manutenção deverá vistá-lo e arquivá-lo.									

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A partir da mudança das estratégias da empresa Alpha para a redução dos custos de manutenção, os resultados começaram a apresentar melhorias, principalmente quando se terceirizou a manutenção eletrônica da empresa. Os custos da Figura 5 representam os custos de indisponibilidade do equipamento e a perda de produção em função da manutenção corretiva eletrônica mensal. Em janeiro do ano 2 (período 7), pôde facilitar a verificação do histórico das máquinas, bem como tal controle contribuiu para a redução dos custos de

manutenção delas. Essa relação de custo versus benefício ficou evidenciada com dados a serem apresentados posteriormente, destacando-se os valores para os equipamentos-gargalo.

FIGURA 5 - Custos de manutenção eletrônica da empresa Alpha

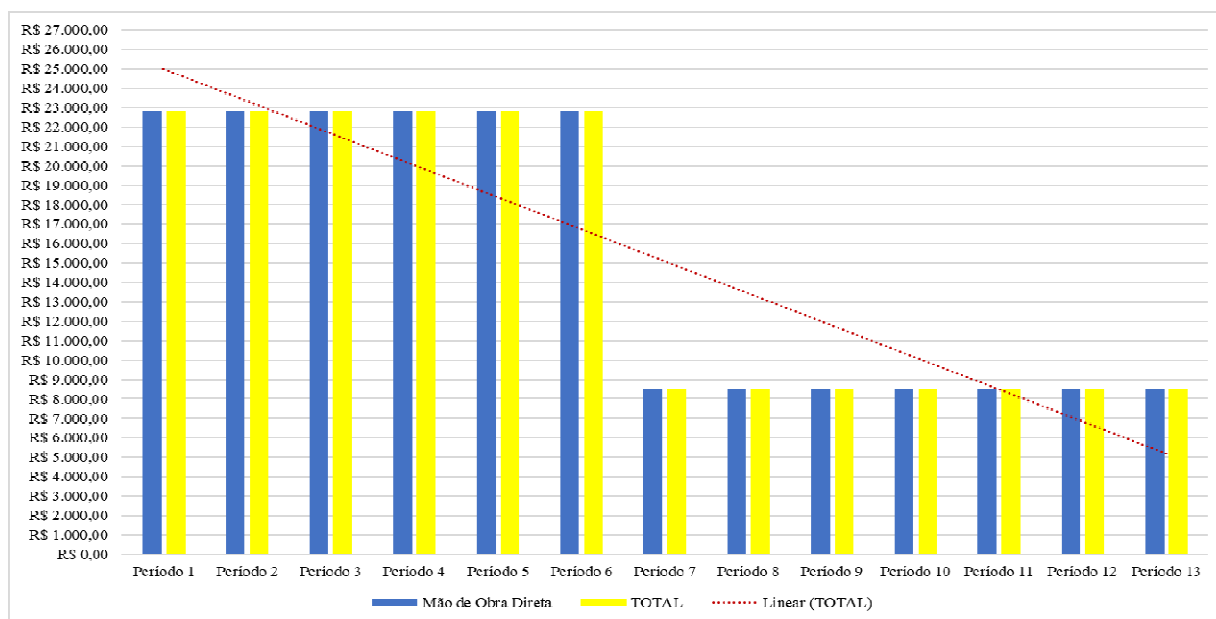


Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Figura 6 é possível observar que, após as mudanças de estratégias da empresa Alpha, os custos com mão de obra eletrônica mensal, com sua terceirização, tiveram redução de mais de 60% ao mês. Esses resultados podem ser correlacionados à Figura 5 porque a redução por horas paradas na produção por manutenção corretiva foi menor em função do uso de mão de obra terceirizada, mais especializada, tecnicamente e, acionada somente nos momentos necessários pela empresa.

Os custos na manutenção são formados pelos elementos custos de tempo e a falta de confiabilidade. Tempo de inatividade é o custo considerado para a medição de manutenção do equipamento, enquanto ele é reparado.

FIGURA 6 - Custos da mão de obra de manutenção eletrônica da empresa Alpha



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

As estratégias de manutenção precisam estar alinhadas com as estratégias da operação, pois, assim, as organizações conseguem obter vantagem competitiva perante seus concorrentes e, conseqüentemente, oferecer maior foco nos clientes (BAZARGAN, 2016). Em média, os orçamentos de manutenção correspondem a 20,8% do custo total de uma fábrica (WAKIRU *et al.*, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou discutir as relações que impactam na elaboração das estratégias de custos da manutenção e como esses custos podem ser minimizados, evitando, inclusive, multas contratuais por atraso na entrega de produtos, decorrente da falta de manutenção de máquinas e equipamentos.

Quanto à primeira hipótese (H1), de fato ela foi confirmada. A política de manutenção era pouco robusta, corroborando para o aumento dos custos ligados a essa área. Quando avaliados os custos de manutenção referentes à hora de indisponibilidade de equipamento devido à manutenção corretiva, os custos de mão de obra de manutenção eletrônica, o custo de inventário de peças sobressalentes, e os riscos contratuais de não atendimento de pedidos dos clientes fornecidos em regime de *kanban* eram elevados. Após estudos sobre as políticas de manutenção terem sido revisados, esses valores foram reduzidos.

A segunda hipótese (H2) também foi confirmada, pois os riscos de falta de

confiabilidade de máquinas e equipamentos estavam comprometendo o atendimento da demanda, gerando muitas contratuais por atrasos nas entregas. Isso era impactado pela qualificação da mão de obra. Se o operador detiver o conhecimento necessário para identificar possíveis defeitos nas máquinas da linha de produção ou em seu posto de trabalho, um custo considerável ou indisponibilidade de máquina poderão ser evitados a partir das medidas preventivas corretas para evitar possíveis falhas. Isso foi verificado no período analisado e os resultados mostraram a diferença entre uma mão de obra qualificada, sendo ela própria ou terceirizada de acordo com a estratégia da empresa. Por isso, a partir do uso de ferramentas de TPM, a empresa buscou o envolvimento de seus funcionários nas manutenções realizadas pelos próprios operadores.

A terceira hipótese (H3) estava relacionada à necessidade de um estoque de segurança grande, que minimizava o impacto da indisponibilidade de máquinas na linha de produção. Essa hipótese foi parcialmente refutada. Isso decorre de uma decisão tomada a partir do uso da TPM. Com a TPM, houve redução dos estoques de peças sobressalentes. Entretanto, se faz necessário quando se trata de peças ou componentes de um maquinário importante da produção ou, sabendo-se que a reposição de tais peças podem ser demorada caso elas não estejam estocadas.

Para trabalhos futuros, a aplicação desse estudo em empresas de outros setores industriais se faz oportuna. Isso se deve ao fato de diferentes ramos industriais se comportarem de maneiras diferentes com os impactos causados pelos custos de manutenção de suas atividades específicas. As margens de valores resultantes podem ser de grande valia para efeitos comparativos entre diferentes empresas do mesmo setor e entre diferentes setores, sinalizando a sensibilidade que os custos de manutenção provocam em suas atividades, bem como as consequências contratuais por atrasos em entregas.

REFERÊNCIAS

BAZARGAN, M. **Airline maintenance strategies - in-house vs. outsourced - an optimization approach**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 22, n. 2, p. 114-129, 2016.

BOUSLAH, B.; GHARBI, A.; PELLERIN, R. **Joint production, quality and maintenance control of a two-machine line subject to operation-dependent and quality-dependent failures**. International Journal of Production Economics, v. 195, p. 210-226, 2018.

CAMPBELL, J. D. **Outsourcing in maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 1, n. 3, p. 18-24, 1995.

- CHAUREY, S.; KALPANDE, S.D.; GUPTA, R.C.; TOKE, L.K. **A review on the identification of total productive maintenance critical success factors for effective implementation in the manufacturing sector.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 29, n. 1, p. 114-135, 2023.
- DESCHAMPS, F. **Proposal for the systematization of enterprise engineering contributions: guidelines for enterprise engineering initiatives.** 172f. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.
- HAOUES, M.; DAHANE, M.; MOUSS, N. K. **Outsourcing optimization in two-echelon supply chain network under integrated production-maintenance constraints.** Journal of Intelligent Manufacturing, v. 30, n. 2, p. 701-725, 2019.
- JALHAM, I. S.; AL- MASARWEH, I. T. **A Suggested Approach for Maintenance Performance Framework: An Aircraft Maintenance Organization as a case study.** Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, v. 18, n. 1, p. 159-170, 2024.
- LI, W.; DAN, B.; ZHANG, X.; LIU, Y.; SUI, R. **Research on sales and sharing decisions of the equipment supplier under shared manufacturing environment.** Industrial Management & Data Systems, v. 124, n. 2, p. 583-611, 2024.
- QIN, Y.; NG, K. K. H.; SUN, X. **Service accessibility strategy for aircraft maintenance routing with interorganizational collaborations on outsourcing maintenance.** Computers & Industrial Engineering, v. 190, p. 1-16. 2024.
- REBAIAIA, M; AIT-KADI, D. **A new integrated strategy for optimising the maintenance cost of complex systems using reliability importance measures.** International Journal of Production Research, v. 11, n. 62, p. 4143-4164, 2024.
- SHANKAR, L.; SINGH, C.D.; SINGH, R. **Impact of implementation of CMMS for enhancing the performance of manufacturing industries.** Int J Syst Assur Eng Manag, v. 14, p. 1599–1620, 2023.
- SINGH, A. P.; AWOKE, N. F. **Relationship between TPM practices and operational performance in soft drinks manufacturing industry.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 29, n. 4, p. 729-762, 2023.
- VAXEVANIS, A.; KONSTANTOPOULOS, N. **Basic principles the philosophy of outsourcing.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 175, p. 567-571, 2015.
- VAZ, E.; VIEIRA DE SÁ, J. C.; SANTOS, G.; CORREIA, F.; ÁVILA, P. **The value of TPM for Portuguese companies.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 29, n. 1, p. 286-312, 2023.
- WAKIRU, J. M.; PINTELON, L.; MUCHIRI, P. N.; CHEMWENO, P. K. **A simulation-based optimization approach evaluating maintenance and spare parts demand interaction effects.** International Journal of Production Economics, v. 208, p. 329-342, 2019.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.