



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



Alexandre Ribeiro da Costa  
Guilherme Otavio de França Borba  
Marcos Calil Yanagui  
Matheus Carvalho Bianchi de Oliveira

**Proposta de Método de uma Consultoria *Lean*, Baseado na Coleta de  
Dados com Sistema MES – *Manufacturing Execution System***

**CURITIBA  
2021**

Alexandre Ribeiro da Costa  
Guilherme Otavio de França Borba  
Marcos Calil Yanagui  
Matheus Carvalho Bianchi de Oliveira

**Proposta de Método de uma Consultoria *Lean*, Baseado na Coleta de  
Dados com Sistema MES – *Manufacturing Execution System***

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA  
2021**

## RESUMO

Com o advento da industrialização tem-se notado que a competitividade no mercado está cada vez mais alta. Na busca de uma maior flexibilidade e produtividade as empresas precisam buscar a maximização de eficiência dos ativos industriais, através da implantação de um sistema MES – *Manufacturing Execution System*. Para atender esse objetivo, é necessária uma maior assertividade nas tomadas de decisões e isso só ocorre quando se tem dados e informações suficientes para suporta-las. No caso da indústria brasileira, que enfrenta obsolescência de tecnologia, os desafios para obtenção de dados para decisão são ainda maiores, pois as máquinas não são providas de conectividade e coleta de dados. Nesse contexto, o trabalho visa a proposta de desenvolvimento de uma metodologia de identificação de oportunidades de melhoria com suporte de um sistema de coleta de dados automático e apresenta uma forma de cobrança inovadora, sem contrapartida de capital do cliente. A metodologia de trabalho foi baseada em etapas definidas através da coleta de dados, diagnóstico, proposta comercial e verificação dos resultados. A metodologia se mostrou eficaz pois teve sucesso no mapeamento de oportunidades com base na coleta e estratificação dos dados gerados pelas máquinas.

Palavras-chave: MES-*Manufacturing Execution System*. Coleta de dados. Manufatura. Perdas. Produtividade. Consultoria.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Inserção do MES no fluxo produtivo.....	6
Figura 2 - Representação do fluxo de processo .....	10
Figura 3 - Modelo funcional do MES.....	11
Figura 4 - Modelo ISO 9000:2003 para SGQ .....	12
Figura 5 - Níveis de capacidade produtiva .....	14
Figura 6 - Sistema de funcionamento do OEE .....	17
Figura 7 - Etapas do processo de mapeamento de oportunidades de melhoria .....	18
Figura 8 - Linha de montagem.....	20
Figura 9 - Parada de estação de trabalho .....	21
Figura 10 - Apontamento de parada pelo operador.....	21
Figura 11 - Exemplo de resumo de horas paradas.....	23
Figura 12 - Gráfico de Pareto .....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeção de custos por máquina .....	23
Tabela 2 - Modelo de cálculo para análise de ROI.....	24
Tabela 3 - Desdobramento das causas de parada.....	25

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	5
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	6
1.3. JUSTIFICATIVA .....	7
1.4. HIPÓTESE .....	7
1.5. OBJETIVO .....	8
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
2.1. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	9
2.2. MES – MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM .....	10
2.3. RASTREABILIDADE .....	12
2.4. CAPACIDADE PRODUTIVA.....	13
2.5. OEE – OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS (EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO).....	15
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
4.1. Detalhamento de Coleta e Análise de Dados .....	23
4.2. Precificação e Metodologia de Trabalho nos Projetos.....	26
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>27</b>
5.1. Sugestões de trabalhos futuros .....	27
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o advento da industrialização, tem se observado que a competitividade entre indústrias no mercado aumentou drasticamente, obrigando as empresas a não aumentarem o preço de seus produtos para obter uma maior margem de lucro, caso ao contrário o cliente comprará do concorrente que tem um produto mais barato. Para terem um resultado financeiro melhor, mantendo o menor preço possível, a estratégia normalmente é voltada para redução de custo de produção dos produtos, e, para saber onde se consegue reduzir de forma mais eficiente, é necessário ter dados. Quanto mais dados, mais informações as empresas têm sobre seu processo produtivo e mais embasada é a tomada de decisão, que muitas vezes podem ser cruciais para a sobrevivência da empresa.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq) fez um estudo sobre o maquinário industrial no Brasil, e verificou que as máquinas presentes em nosso país, chega a ser 3 vezes mais antigas, em comparação com máquinas similares de países desenvolvidos. No estudo, foi verificado que a média de idade no Brasil é de 17 anos, enquanto o maquinário da Europa e Estados Unidos, tem em torno de 7 (O Globo, 2013).

O impacto da obsolescência das máquinas em conjunto com outros fatores avaliados pela Confederação Nacional da Indústria, reforça que o Brasil ocupa o penúltimo lugar no *ranking* de competitividade industrial em comparação com dezoito grandes economias (Confederação Nacional das Indústria, 2020).

Quanto mais antigo é um maquinário, pior é sua eficiência e conseqüentemente a eficiência da indústria como um todo. que tende a comprometer a produtividade da indústria. Esse maquinário, que conseqüentemente possui uma tecnologia mais obsoleta, em sua grande maioria é desprovido de conectividade, coleta de dados automática e em tempo real, tornando essa atividade muitas vezes limitada, imprecisa e manual.

Para ajudar reverter parte da ineficiência da, é necessário a adaptação dos equipamentos com tecnologias recentes, que possibilitam o monitoramento em tempo real de equipamentos, que possam trazer dados confiáveis para entender os reais problemas e direcionar os esforços para reduzi-los ou elimina-los.

## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Entende-se que a informação sobre o processo produtivo é crucial para a tomada de decisão e necessária para garantir a sobrevivência da empresa e como no Brasil, a grande parte do maquinário é antigo, não possui uma coleta de dados automática e abrangente. Além disso, apenas dados coletados não tomam decisão por si só, sendo necessário a interpretação para uma tomada de decisão certa.

A Figura 1 ilustra onde o MES está inserido dentro do contexto produtivo fabril, evidenciando que, por mais que uma indústria esteja preparada as ameaças interna e externas são uma realidade que precisa estar inserida neste mesmo contexto, dando a oportunidade de ferramentas MES aflorarem e evidenciarem estes problemas, de forma com que possam ser atacados e minimizados.

Figura 1 - Inserção do MES no fluxo produtivo



Fonte: Os autores (2021)

Dentro desse contexto de coleta e tratamento de dados, muitas empresas demonstram falta de conhecimento quanto à capacidade real e atual de alguns de seus equipamentos e falta de conhecimento sobre como analisá-los para tomar uma decisão mais certa. Verifica-se grande oportunidade no mercado brasileiro, principalmente entre pequenas e médias empresas.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Visando proporcionar a obtenção de maiores e mais complexas informações a respeito do maquinário instalado, a instalação de métodos de controle colabora para obter maior conhecimento do parque fabril e ter melhor utilização de investimentos, auxiliando na saúde financeira do setor industrial. As experiências acumuladas demonstram que o desafiador cenário globalizado estende o alcance e a importância das novas proposições.

Em frente a este cenário, as corporações estão constantemente investindo em sistemas de gestão a fim de agregar conhecimentos e práticas empresariais, trazendo assim melhores resultados, tanto do produto quanto do serviço e, desta forma, minimizar a dificuldade na precisão dos dados reais coletados do processo produtivo e transformá-los em informações úteis para análise do desempenho. A utilização destes sistemas gera uma infinidade de dados e indicadores que auxiliam as empresas a tomarem decisões estratégicas de medições e análises.

Segundo Godoy (2009), “é de fundamental importância que se tenha em mente que os indicadores de desempenho são conceitos que buscam exprimir um ou mais aspectos da realidade”.

### 1.4. HIPÓTESE

De forma a sanar a dificuldade na precisão dos dados reais coletados do processo produtivo, a implantação de um sistema completo de software e hardware capaz de gerar dados assertivos auxilia ao gestor ao monitorar dados de equipamentos e na tomada de decisão junto à sua equipe de produção.

Com o mesmo sistema implantado, se torna possível a identificação e constatação de gargalos teóricos de equipamentos, bem como a projeção da capacidade instalada de maquinário fabril, deixando nítido os limites possíveis de se alcançar.

Desta forma, o presente trabalho busca testar a implantação de um sistema MES – *Manufacturing Execution System* de baixo custo voltado às pequenas e médias empresas de modo a comprovar que a aquisição de dados de todas as ocorrências nas máquinas e a devida implantação de planos de ação para atacar as causas raízes dos problemas, pode gerar retornos tangíveis ao empresário, que

muitas vezes acredita que sua capacidade fabril não está adequada ao cenário atual no qual está inserido.

### **1.5. OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver metodologia de aplicação de sistema MES focada para redução de custos e aumento de produtividade, aplicando indicador de OEE em determinados equipamentos numa Empresa "X".

Como parte dos objetivos específicos, são listados:

- Descrever detalhadamente a metodologia de implantação de um Sistema MES;
- Debater opções de produtos e serviços oferecidos por uma empresa de consultoria, a fim de demonstrar uma proposta de serviço rentável;
- Correlacionar a análise das perdas coletadas juntamente com ganhos potenciais de projetos, com intuito de validar melhores retornos financeiros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

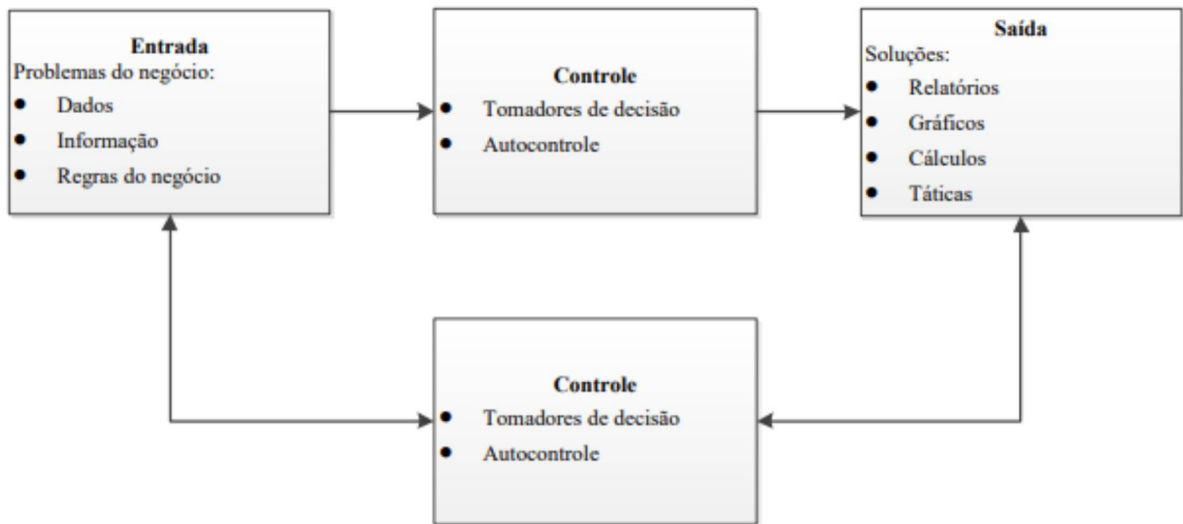
Para LAUDON e LAUDON (2001), a manipulação de dados via sistema gera informações, usando ou não recursos de Tecnologia da Informação (TI), pode ser tratado de forma genérica como um sistema de informação (SI). Considera-se que um sistema de informação organizacional pode ser qualificado como a organização e seus vários subsistemas internos, levando em consideração inclusive o meio que trata o ambiente externo.

São vários os tipos de sistemas de informação, podendo atribuir inúmeros formatos convencionais, sendo possível: relatórios de controle oriundos de uma organização; compilação de informações expressas em um canal de divulgação; documentações de processos aleatórios para ajudar na governança organizacional; documentos de normas e procedimentos da organização e também união de partes que geram as informações.

De acordo com LAUDON e LAUDON (2001), a definição de um sistema de informação é um conjunto de componentes que interagem para coletar, processar, recuperar, armazenar e realizar a distribuição de informações com a finalidade de contribuir no planejamento, coordenação, controle, análise e otimizando o processo de tomada de decisão nas organizações.

Assim como usual em outros sistemas, o SI dispõe de uma entrada (ou input) que compreende a coleta de fontes de dados brutos de uma organização ou do seu ambiente externo. O processamento implica na conversão dessa entrada bruta em um formato mais adaptado e utilizável. A saída (ou output) contempla a transferência da informação já processada àqueles que estão interessados ou atividades que a usarão, sendo possível possuir também um mecanismo de feedback para controle da operação, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Representação do fluxo de processo



Fonte: Turban; McLean; Wetherbe (2004).

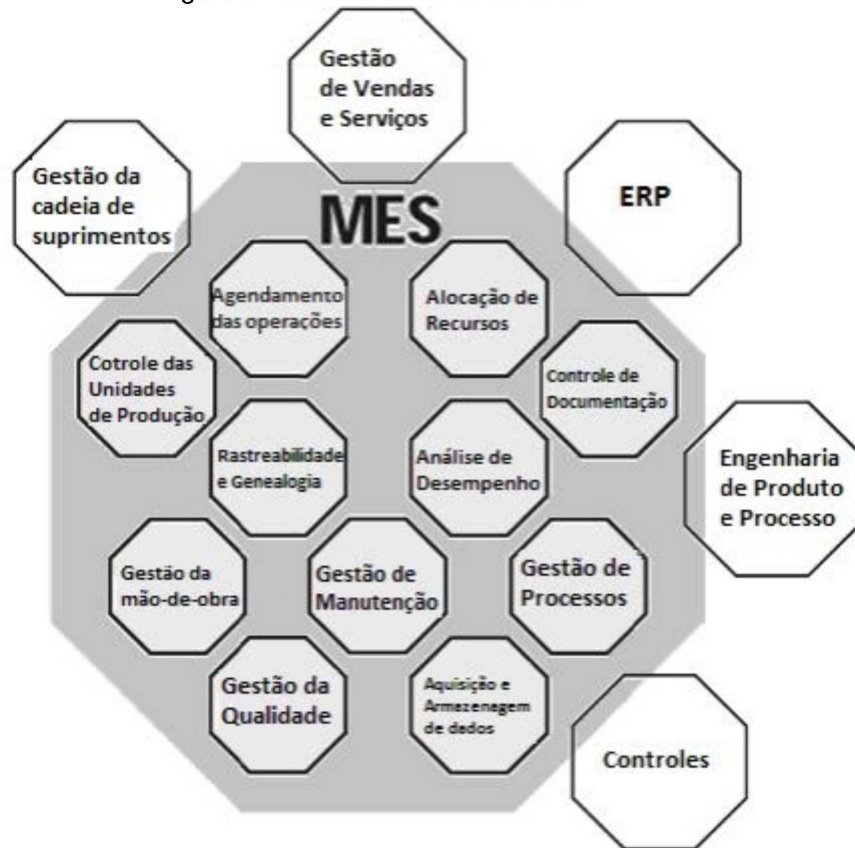
## 2.2. MES – MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

Sistema MES é um sistema utilizado para realizar o monitoramento em tempo real da linha de produção ou estações de equipamento, frequentemente instalado no chão de fábrica. Para utilizá-lo, os dados são coletados de forma manual ou automática. Em posse dessas informações, o gestor conseguirá tomar decisões diversas que poderão reduzir e até eliminar possíveis problemas que surjam na produção. Eles são responsáveis pela interface entre os sistemas que controlam a produção e gestão visual, em nível gerencial, transformando dados primários em indicadores. (SEIXAS FILHO C, 1999).

A principal finalidade de quem instala esse tipo de sistema, é o aumento da produtividade por meio da melhoria geral dos processos e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Em relação às suas características, estas, relacionam-se com o tipo de maquinário utilizado, a variedade de dados gerados, o perfil dos clientes, fornecedores, bem como os padrões de qualidade e controle.

A captação automática e em tempo real, de dados, juntamente com os sistemas de informação facilitam a tomada de decisão e integração em diversos setores, conforme mostra a figura 3. Entre as principais áreas, tem-se: planejamento de materiais, controle de inventário, manutenção, qualidade, produção, entrega, capacidade produtiva, etc. (MESA, 1997).

Figura 3 - Modelo funcional do MES



Fonte: Laudon e Laudon (2001).

Antes do sistema MES, os dados da produção eram geridos de forma manual, por folhas impressas, ou por meio de planilhas eletrônicas, com dados coletados e imputados manualmente na produção. Esse tipo de informação não tinha qualidade, podendo estar desatualizados ou limitados por conta do baixo volume de informação, sendo assim, difíceis de compreender e suportar uma tomada de decisão assertiva. (BERTI, 2010).

Para cada processo de produção de manufatura há um sistema específico, que corresponde ao limite entre o plano e a ação. O MES coleta e coordena as programações das tarefas em um sistema produtivo, como pôr exemplo, o lançamento de ordens para a produção, a resposta a alguns eventos previsíveis, as adaptações dos planejamentos e acompanhamento das atividades programadas. (PASCAL et al., 2007).

### 2.3. RASTREABILIDADE

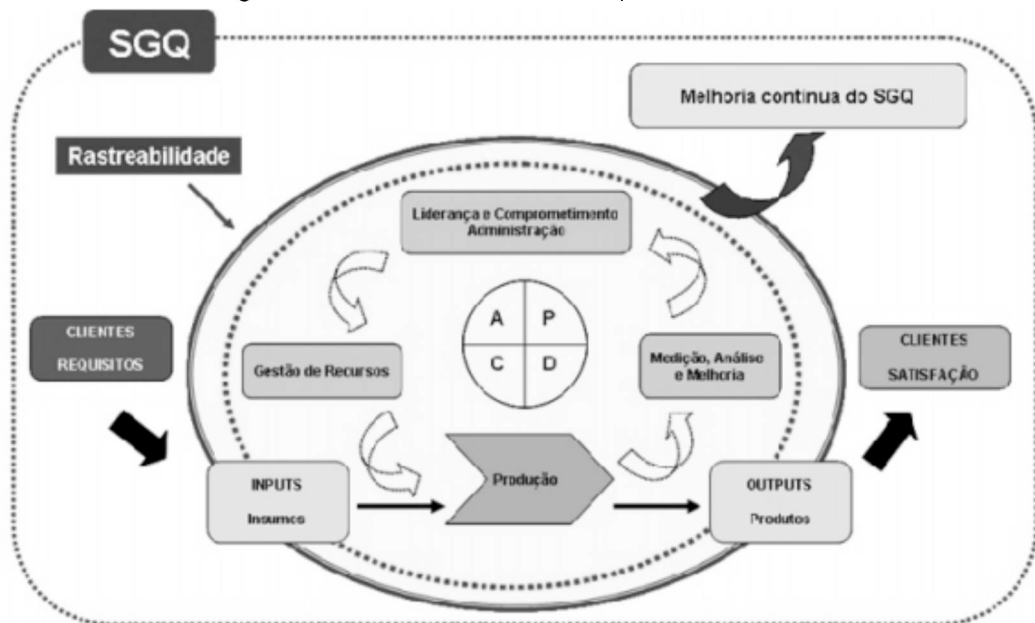
A rastreabilidade permite identificar dados e fatos, em relação ao produto, ao longo da cadeia produtiva, com base no registro histórico dos acontecimentos do processo (LIRANI, 2005).

Um sistema de rastreabilidade busca a garantia de um produto entregue em total conformidade para o consumidor final, por meio do monitoramento e controle de todas as etapas envolvidas: fabricação, logística e comercialização, nos quais são fornecidos os dados da produção entre o produto final e a matéria-prima utilizada (SILVA; GASPAROTTO, 2020).

Os princípios que orientaram a criação do modelo foi um sistema de registros de fácil entendimento e manuseio, com informações de fácil interpretação por parte dos operadores e demais usuários, se apoiando em tecnologias de fácil compreensão a todos (OLIVEIRA; SOUSA; SANTIAGO, 2011).

A Figura 4 demonstra um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e como a rastreabilidade se insere neste cenário.

Figura 4 - Modelo ISO 9000:2003 para SGQ



Fonte: ABNT (2000).

Com intuito de garantir o funcionamento correto de um sistema de rastreabilidade, sem existência de lacunas de informação, de forma que seja possível gerenciar o processo permitindo melhorias, são três os princípios básicos necessários (DICKINSON; BAILEY, 2002):

Identificação: A base de um sistema preciso, é a identificação de matérias-primas, de etapas do processo, assim como, a identificação de lotes únicos e exclusivos de produto, já produzido, ou em produção. Através da coleta destes dados, possibilita-se que seja criado um histórico para a unidade de produto, com informações das matérias-primas utilizadas em sua composição, qual o fornecedor, resultados de análises, operador responsável, tempo de processamento e etc.

Análise: Quando identificadas as variáveis de forma certa, podemos analisar detalhadamente através de recursos como dados e variáveis de processo, permitindo a tomada de decisão, e também a identificação de falhas no processo.

Correção: É possível corrigir falhas identificadas no processo e monitorar os resultados, quando é feita a análise das informações de forma assertiva e confiável. Desta forma, há uma garantia na tomada de decisão eficiente.

Além de aumentar a competitividade, um bom sistema de rastreabilidade funciona como uma ferramenta de melhoria contínua com o passar do tempo, trazendo um diferencial ao produto, quando comparado ao da concorrência, e fortalecendo a relação de confiança com o cliente final.

## **2.4. CAPACIDADE PRODUTIVA**

Partindo das previsões de demanda é possível calcular quanto se deve produzir e em quanto tempo, de acordo com os insumos disponíveis pela indústria. Essas previsões podem ser feitas por métodos quantitativos e/ou qualitativos, mantendo o objetivo de se obter dados assertivos baseados em registros anteriores, e levando-se em consideração análise do mercado atual.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), considerando que estivesse operando em condições normais, a capacidade de produção pode ser entendida como o maior resultado de atividades que agregam valor ao produto em um determinado período de produção. Deste modo, todo o processo de transformação da matéria-prima em determinado produto deve ser considerado para o cálculo da capacidade produtiva.

Esse indicador possui impacto direto na lucratividade e na eficiência do processo, portanto a busca pela maximização do mesmo deve ser sempre uma referência. A Figura 5 apresenta algumas das visões sobre os níveis de capacidade

produtiva, os quais são referências para mensurar desempenho de equipamentos, linhas de montagem ou trechos da cadeia de produção.

Figura 5 - Níveis de capacidade produtiva



Fonte: Slack et al (2009).

Conforme Slack; Chambers; Johnston (2009) existem aspectos que são impactados por tomadas de decisão da liderança acerca da capacidade e planejamento e dentre eles estão: os custos de produção, capital de giro, confiabilidade, flexibilidade no atendimento a demanda e qualidade dos bens ou serviços.

De acordo com a demanda ou nível de produção, a qual deve estar equilibrada com a capacidade produtiva de modo que a subutilização da capacidade pode gerar um alto custo unitário (SLACK et al., 2009) os custos são contabilizados. Com uma forma similar, há uma geração de receitas, as quais poderão ser comprometidas caso não haja atendimento da demanda apresentada.

É importante ressaltar o cuidado que se deve ter com os níveis de estoque para que esse não gere um custo excessivo (SLACK et al., 2009).

Trabalhar o capital de giro, é um aspecto de desempenho a ser afetado pela capacidade produtiva. A partir de uma tomada de decisão estratégica, produzem-se bens acabados como uma forma de antecipar a demanda e assegurar que a demanda será atendida a qualquer momento, mas reforçando sempre a importância de cuidar com os níveis de estoque. A qualidade também é um aspecto a ser afetado pelo planejamento e controle da capacidade produtiva, especialmente quando observado a partir de uma ótica em que temos uma necessidade de ampliação da produção, através da contratação de novos colaboradores que precisam ser treinados, até terem experiência, o que aumenta a probabilidade de erro humano.

Conclui-se, que é importante ter um treinamento e acompanhamento que garanta que a qualidade seja mantida, independente do operador que esteja trabalhando, seja ele nova no posto de trabalho, ou seja um operador que precise de uma reciclagem de processo.

Slack et al., (2009) cita também a confiabilidade do fornecimento, aspecto importante a ser visto especialmente quando a demanda está próxima à capacidade máxima da produção, situação em que se torna mais difícil lidar com rupturas. A agilidade à resposta para a solicitação do cliente é o fator mais relevante, que pode mudar, conforme é feito o controle da capacidade produtiva, dado que geralmente, se tem duas situações: uma em que o aumento do estoque garantirá a entrega a qualquer momento e outra em que o cliente terá que esperar um tempo até a entrega do produto final.

Slack et al., (2009) cita a flexibilidade, especialmente em relação ao volume de produção. Especialmente em que se tem um equilíbrio entre a demanda e a capacidade produtiva, o sistema precisa estar preparado para receber um incremento no volume de produção. Podem ser utilizadas diferentes técnicas de previsão de demanda, como forma de tentar minimizar os efeitos sobre esses aspectos, evitando que se tenham problemas que venham a prejudicar o atendimento à demanda.

## **2.5. OEE – OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS (EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO)**

Visto o pioneirismo de Nakajima, a ferramenta OEE é vista como fundamental no processo de maximização da eficiência dos equipamentos, sendo essa representada pela geração de indicadores e relatórios, que dão condição de realizar uma análise detalhada. De acordo com Santos e Santos (2007), a utilização da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), só é possível devido às análises em nível de detalhe geradas pelo OEE.

Segundo Moraes (2004), durante os procedimentos realizados pelas máquinas, inúmeras falhas ocorrem e acabam afetando diretamente a eficiência das mesmas. Importante sempre reconhecer a condição padrão de cada equipamento, utiliza-se OEE para quantificar o grau de eficiência do desempenho dos equipamentos, considerando a capacidade e o tempo de execução planejada (ZUASHKIANI et al., 2011).

Pode ser dito também, algumas interfaces que a OEE possui relação direta com alguns princípios abordados pela teoria das restrições, troca rápida de ferramentas, manutenções programadas e pequenas paradas na linha de produção, equilíbrio entre capacidade produtiva e produção, entre outras ferramentas que visam o aumento da produtividade (HANSEN, 2006).

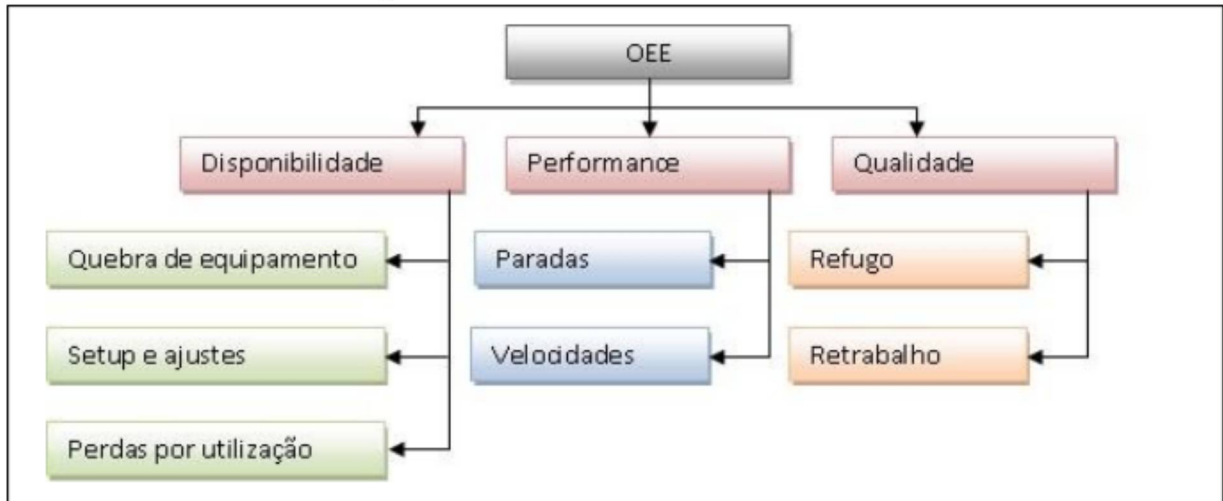
Portanto, o índice de OEE, é o método capaz de quantificar determinado processo, mensurando e monitorando as atividades realizadas por uma máquina em sua velocidade nominal, sem paradas e atendendo os quesitos de qualidade, com o objetivo de melhorar a eficiência e eficácia do equipamento. Por meio deste cálculo, torna-se possível realizar um comparativo entre a eficiência desejável e a eficiência real.

Referindo-se a cada produto, as áreas da companhia devem ser capazes de solucionar questões como: Quantidade de peças produzidas conforme as especificações determinadas, quantidade que está seguindo para a fase seguinte, quanto tempo foi programado para a produção do item e qual o tempo ideal ou tempo de ciclo teórico. Hansen (2006) afirma que com base nos dados obtidos e na análise dos principais processos e equipamentos, os resultados de eficiência são representados como referência numa classificação, por exemplo, em: Inaceitável (<65%), Aceitável (65-75%) ou muito bom (75-85%).

Com a utilização das medidas de eficiência e do acompanhamento de relatórios de desempenho, tem-se uma visão melhor do todo e com isso é possível focar em situações críticas, podendo até serem traçadas estratégias para prever e evitar o agravamento de problemas. As ações de melhorias partem de ajustes em processos básicos que irão contribuir para a redução de gargalos e, conseqüentemente, maior disponibilidade das máquinas.

Adicionalmente, pode-se utilizar OEE no combate dos desperdícios da linha de produção, o que contribui para a base das práticas de melhoria contínua. Eliminam-se: avarias e quebra, tempo de setup, troca de ferramentas e problemas em geral de processamento. Conforme mostra a figura 6, essa técnica pode ser dividida em três partes: disponibilidade, performance e qualidade (LIMA, 2014).

Figura 6 - Sistema de funcionamento do OEE



Fonte: Lima (2014).

### 3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A hipótese será validada através de uma proposta de metodologia de trabalho de uma consultoria, na identificação de desperdícios no cliente, através da instalação de um sistema MES.

Utilizando um exemplo de aplicação, a metodologia se mostrará efetiva e atingirá o objetivo proposto, caso o serviço ofertado seja financeiramente viável.

As etapas que compõe a metodologia proposta podem ser observadas conforme demonstrado na figura 7:

Figura 7 - Etapas do processo de mapeamento de oportunidades de melhoria



Fonte: Os autores (2021)

A primeira etapa compreende a avaliação preliminar através de uma entrevista, para se ter um entendimento inicial da empresa, processo produtivo e principalmente entender a maior dificuldade, em relação a produção e como a coleta de dados pode ajudar, afim de compreender o objetivo principal da empresa.

Após a compreensão inicial da situação e das maiores dificuldades do sistema produtivo, é escolhido o equipamento que a empresa entende como a maior responsável pelos distúrbios na produção, considerando que a mesma não possui conectividade em tempo real. Após isso a equipe instala e parametriza o sistema para iniciar a coleta de dados e instrui os colaboradores para utilização do mesmo.

A terceira parte é o diagnóstico, que é realizado após o monitoramento da coleta de dados por um período determinado de tempo, para ter dados suficientes que auxiliam no entendimento do problema, levantamento e compilação dos modos de falha para que seja compilado, classificado, para que seja apresentado em forma de gráfico de Pareto, mostrando quais são as causas responsáveis pela maior parte dos problemas.

Nessa etapa também é importante estudar alternativas de projetos que a empresa pode priorizar para que a maior parte dos problemas sejam mitigados, então uma proposta deve ser feita para ser comercialmente apresentada.

A quarta etapa se refere a apresentação da proposta para empresa, afim de apresentar os ganhos potenciais, o suporte que será dado por parte da consultoria e a apresentação da proposta comercial, que se aprovada, nos leva para a execução do projeto, que auxiliará a empresa a priorizar as atividades, treinar os colaboradores e acompanhará a implementação, para garantir a aderência ao que foi proposto, bem como os prováveis ajustes.

Finalmente, após a finalização, tem-se o monitoramento da implementação, validação dos ganhos, juntamente com a controladoria da empresa, sugestão de compra, locação ou remoção do equipamento instalado e finalmente o pagamento do projeto para a consultoria, finalizando o ciclo de trabalho.

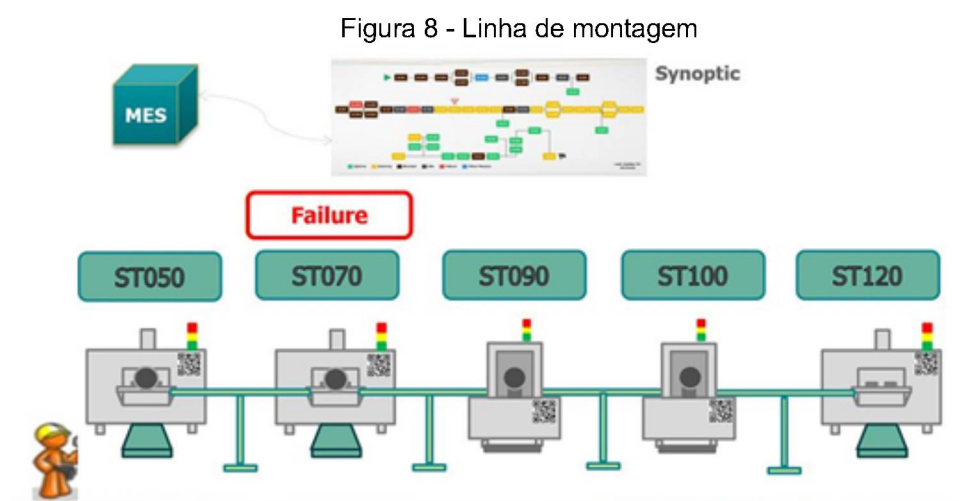
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos principais objetivos do sistema MES nas áreas de fabricação é elevar a produtividade das linhas de produção, através da melhora da qualidade dos produtos e redução de perdas por máquinas em manutenção. Para atender este objetivo o sistema precisa ser apto a captar dados de parada em tempo real bem como obter um detalhamento de cada tipo de parada para posterior análise e plano de ação. Ou seja, não suficiente saber que uma estação de trabalho esteve parada por determinado intervalo de tempo, mas fundamental conhecer a causa da parada para que se possa programar ações de melhoria e reduzir o problema futuro.

Para permitir esta estratégia de estratificação de coleta de dados, o sistema é composto também por estações de apontamento manual de causas de parada. Desta forma, ao receber o sinal de uma estação está parada, o operador se dirige ao equipamento e através de um leitor de código de barras informa ao sistema MES qual foi o equipamento que estava parado e aponta o motivo da parada.

Com este processo também teremos uma ferramenta de apoio estratégico para desenvolvimento de ações para ganho contínuo de produtividade. Este ganho de produtividade ocorre através da capacidade de diagnóstico das perdas de processo e a avaliação dos ganhos das ações preditivas e corretivas em tempo real.

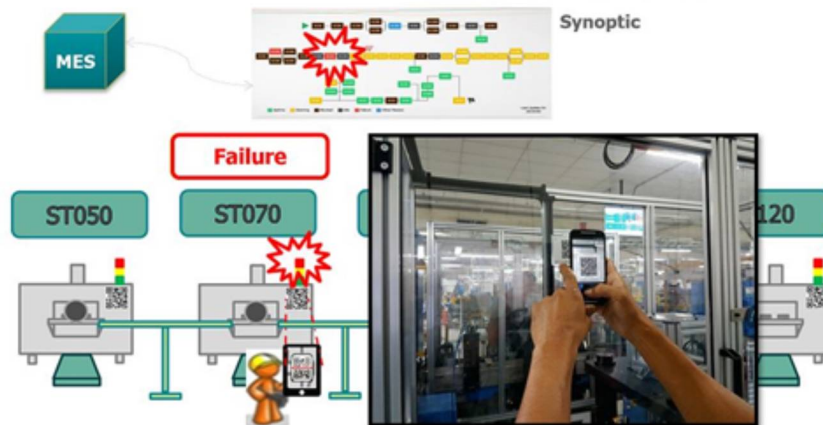
A figura 8 ilustra uma linha de produção e suas estações de trabalho, que estão conectadas aos sistemas MES.



Fonte: Os autores (2021)

Quando uma parada em uma estação acontece, o operador é imediatamente avisado pelo sistema de *andon* do equipamento, e então se dirige ao local para avaliar a causa da parada e registrar a causa no sistema.

Figura 9 - Parada de estação de trabalho



Fonte: Os autores (2021)

Este registro é realizado quando o operador faz o diagnóstico de parada e então ele deverá ler o código *QR code* do equipamento e identificar a causa da parada de máquina.

O cadastro de causas de parada está previamente cadastrado no sistema, permitindo ao operador selecionar na lista pré-existente o motivo de parada.

Figura 10 - Apontamento de parada pelo operador



Fonte: Os autores (2021)

O cadastro de paradas realizado pelo operador no momento da ocorrência permite a análise e estratificação das perdas de OEE, permitindo a redução do retrabalho por meio do controle de defeitos por nível de modo de falha e análise de

micro paradas, que são fontes comuns de perdas em processos contínuos, mas que normalmente são de difícil análise e estratificação de causa raiz.

A avaliação preliminar da metodologia foi realizada na Empresa X e mostrou-se efetiva para o aumento de produtividade do cliente com maquinário compatível com a solução apresentada no âmbito teórico e com deficiência inicial na coleta e análise de dados.

O levantamento de dados preliminares na empresa "X", mostrou um ganho potencial de aproximadamente R\$114.000,00 que representam oportunidades de execução dos projetos de melhoria pela consultoria. O investimento feito pela consultoria no equipamento e instalação, é de R\$5.000,00 e a consultoria fornecida apresenta um custo de R\$10.000, com duração prevista para 30, totalizando um custo de R\$15.000,00.

No modelo proposto, as despesas iniciais de mapeamento e coleta de dados são custeadas pela consultoria e não pelo cliente, sendo este um dos diferenciais de mercado em comparação com os principais concorrentes.

A remuneração da consultoria prestada está conectada ao benefício gerado para o cliente e é contabilizada em 25% do ganho real obtivo pelos projetos de melhoria nas máquinas estudadas.

Com relação ao detalhamento de custos operacionais, tem-se que o serviço de um técnico para instalar e parametrizar o equipamento está previsto em R\$ 30,00/hora. Já o consultor que irá auxiliar a empresa para alcançar a redução de custo e suporte no projeto, custa em torno de R\$ 50,00/hora.

O tempo previsto para instalação e parametrização do equipamento está previsto em 7 horas, totalizando R\$210,00.

Em relação aos custos de hardware necessário, considerando uma máquina, os custos previstos para instalação e habilitação do sistema MES são detalhados na Tabela 1:

Tabela 1 - Projeção de custos por máquina

Qtd	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
1	Hardware para coleta de sinais de máquina	R\$ 600,00	R\$ 600,00
1	Licença de sensoriamento por máquina	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
1	Instalação e configuração dos sinais de máquina	R\$ 250,00	R\$ 250,00
1	Habilitação do sistema de coleta de dados	R\$ 300,00	R\$ 300,00
1	Habilitação dos relatórios	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
TOTAL			R\$ 4.150,00

Fonte: Os autores (2021)

#### 4.1. Detalhamento de Coleta e Análise de Dados

Para a análise dos dados coletados, utilizando os sinais de máquina juntamente com os motivos de parada de máquina previamente cadastrados no sistema pelo usuário chave do sistema, a metodologia sugerida seria comparar o estado atual das máquinas com o valor de hora-máquina concebido pelo cliente.

O cliente do projeto é a Empresa “X”, que atua no ramo de substituição de componentes para fabricantes de linha branca, a qual possui 10 funcionários e duas linhas de produção.

Uma vez que todo o histórico de eventos ocorridos na máquina escolhida para análise, incluindo os motivos pelos quais a máquina ficou parada e o tempo decorrido, possibilitando assim a multiplicação deste tempo gerado versus o custo de hora da máquina. Os problemas e causas que geraram a parada de máquina, são fruto de estudos paralelos provenientes de planos de ação, utilizando todos os dados gerados e armazenados pelo sistema.

Figura 11 - Exemplo de resumo de horas paradas

Setor	Código	Máquina	Tempo de Parada Programada	Tempo de Parada Não Programada
INJETORAS	INJ004	Injetora ENGEL 380T	80:54:36	116:57:00
USINAGEM	CNC003	Centro de Usinagem HASS VF4	124:16:12	168:05:24

Fonte: Os autores (2021)

Nunca é demais lembrar o peso e o significado destes problemas, uma vez que a constante divulgação das informações cumpre um papel essencial na formulação do fluxo de informações. Do mesmo modo, o desenvolvimento contínuo de distintas

formas de atuação garante a contribuição de um grupo importante na determinação do levantamento das variáveis envolvidas.

O empenho em analisar a valorização de fatores subjetivos auxilia a preparação e a composição dos paradigmas corporativos.

A tabela 2 evidencia a metodologia de cálculo utilizada a fim de mostrar o potencial de ganho total, baseado nas paradas mapeadas e no custo hora/máquina, no período de 30 (trinta) dias corridos.

Na tabela é possível apreciar um exemplo de dados coletados na Figura 7 e convertidos em dados tangíveis à percepção do responsável no cliente pelo projeto.

Tabela 2 - Modelo de cálculo para análise de ROI

Máquina	Código	Tempo de Parada Não Programada	Valor Hora x Máquina	TOTAL
Injetora ENGEL 380T	INJ004	116,50	R\$ 450,00	R\$ 52.425,00
Centro de Usinagem HASS VF4	CNC003	168,03	R\$ 370,00	R\$ 62.171,10
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 114.596,10</b>

Fonte: Os autores (2021)

Evidentemente, a percepção das dificuldades maximiza as possibilidades por conta do remanejamento dos quadros funcionais. Por outro lado, o aumento do diálogo entre os diferentes setores produtivos obstaculiza a apreciação da importância do retorno esperado a longo prazo.

A certificação de metodologias que nos auxiliam a lidar com a complexidade dos estudos efetuados exige a precisão e a definição de todos os recursos funcionais envolvidos.

Buscando detalhar as paradas que compõe a Tabela 2, os operadores foram instruídos a apontar os motivos detalhados toda vez que o sistema indicasse uma parada de máquina. Os dados coletados estão na Tabela 3.

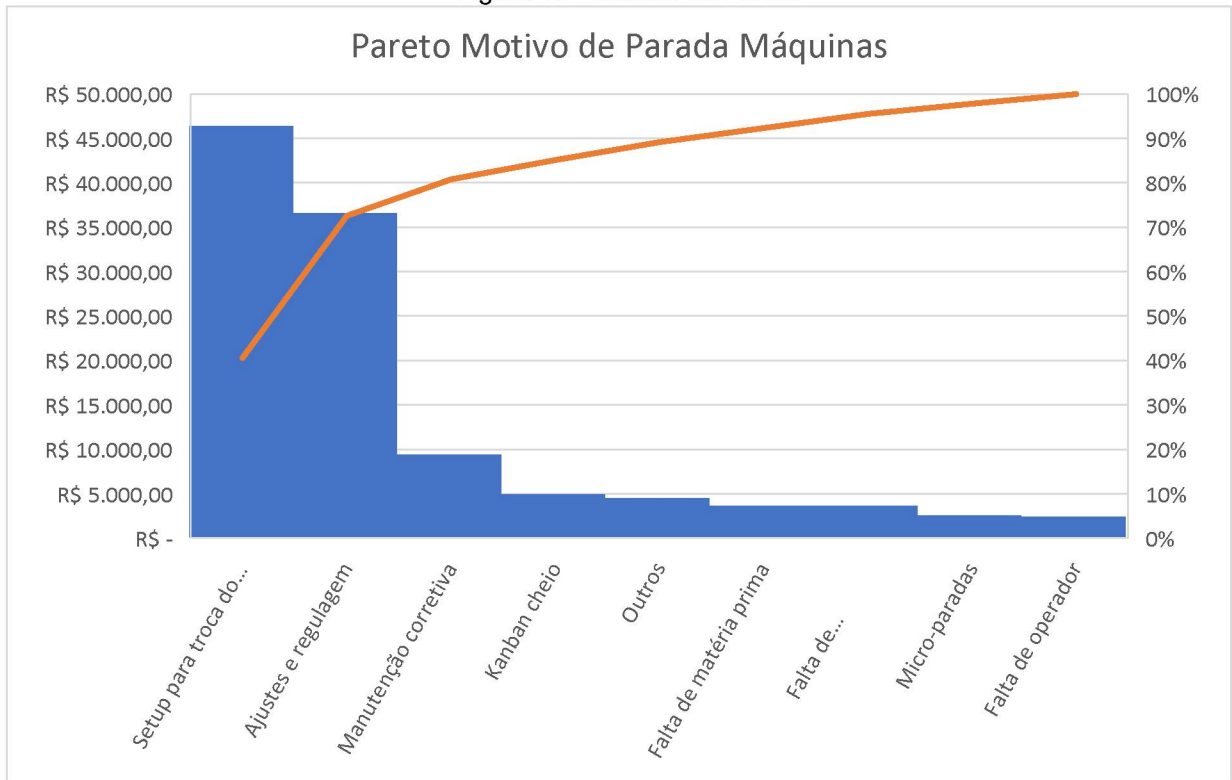
Tabela 3 - Desdobramento das causas de parada

Número ocorrência	Motivo de Parada	Código Máquina	% representativa	Total Horas	Valor Hora x Máquina
8	Setup para troca do molde	CNC003	41%	68,89	R\$ 25.490,15
9	Ajustes e regulagem	CNC003	37%	62,17	R\$ 23.003,31
1	Setup para troca do molde	INJ004	40%	46,60	R\$ 20.970,00
2	Ajustes e regulagem	INJ004	26%	30,29	R\$ 13.630,50
3	Manutenção corretiva	INJ004	18%	20,97	R\$ 9.436,50
10	Kanban cheio	CNC003	8%	13,44	R\$ 4.973,69
7	Falta de matéria prima	CNC003	6%	10,08	R\$ 3.730,27
4	Falta de abastecimento de matéria prima	INJ004	7%	8,16	R\$ 3.669,75
5	Micro-paradas	INJ004	5%	5,83	R\$ 2.621,25
11	Falta de operador	CNC003	4%	6,72	R\$ 2.486,84
12	Outros	CNC003	4%	6,72	R\$ 2.486,84
6	Outros	INJ004	4%	4,66	R\$ 2.097,00

Fonte: Os autores (2021)

Utilizando os dados da Tabela 3 e buscando canalizar os esforços para os motivos de parada que mais impactaram a disponibilidade do equipamento. Desta forma, foi utilizado um gráfico de Pareto para auxiliar a priorização de planos de ataque às causas.

Figura 12 - Gráfico de Pareto



Fonte: Os autores (2021)

Utilizando o sistema, a acurácia dos dados obtidos se mostra maior quando comparada ao sistema de preenchimento manual das ocorrências nas máquinas, uma vez que não existe interferência do operador.

## 4.2. Precificação e Metodologia de Trabalho nos Projetos

Quanto aos serviços prestados pelas empresas contratantes, o sistema de precificação é diretamente ligado à quantidade de equipamentos a serem instalados, pontos de monitoramento em contraste com reduções de custos oriundas de projetos, os quais utilizaram os dados coletados ou soluções geradas pelos consultores através de cartas de recomendações ao ataque à desperdícios.

Os ganhos dos projetos podem ser deduzidos em certas frentes, como: reduções de mão-de-obra resultando em fechamentos de turnos, os quais são possíveis devido à um aumento de produtividade e eliminação de turnos ociosos ou de revezamentos; aumento da capacidade produtiva resultando em ganhos em vendas, quantidade de peças/produtos multiplicado pela margem de contribuição de cada item; outros possíveis ganhos vão depender das contextualizações de cada projeto, refletindo em redução de energia, ar comprimido, gastos com ferramentas e peças de reposição, etc.

De acordo com os dados gerados pelos monitoramentos dos equipamentos em questão, e a validação de ganhos por parte da área de controladoria da empresa contratante, a cobrança dos serviços será com base em 25% dos ganhos em reais dos projetos implementados. Para cada um deles, os estudos econômicos são consentidos entre as partes.

## 5. CONCLUSÕES

Como observado a proposta de método de uma Consultoria Lean, Baseado na Coleta de Dados com Sistema MES, faz-se viável através da implantação de um equipamento relativamente simples e com preço acessível, conforme mostrado no exemplo da linha de produção da Empresa “X”.

Visto pela ilustração e posterior explanação da Figura 7 no presente trabalho, a proposta de metodologia para implantação de um sistema MES compreende a Avaliação Preliminar, Identificação e instalação do hardware necessário, diagnóstico baseado nos dados obtidos, Apresentação da proposta de trabalho, Execução física dos trabalhos necessários e Conclusão e análise do monitoramento instalado.

Tendo em vista que, para o cliente, não existe desembolso inicial para aplicação da ferramenta descrita neste projeto, a prospecção deste tipo de consultoria se torna bastante efetiva por conta da sua atratividade para as empresas, visto que o risco de sucesso do projeto é coberto integralmente pela consultoria.

Além, os ganhos do projeto são deduzidos em diferentes frentes de análise, mostrando que a remuneração vislumbrada inicialmente é requerida somente após os ganhos observados serem oficializados por ambas as partes. Desta forma, maximizamos os benefícios do usuário, o qual não tem nenhuma obrigação financeira inicial com a implantação do projeto, somente após a convicção de sucesso do mesmo.

Fica nítido neste trabalho que é possível maximizar ainda mais os ganhos relatados acima, uma vez que apenas duas causas raízes foram objeto de estudo para determinação monetária de ganhos. Se levados em consideração todos as outras causas, os ganhos serão maiores.

### 5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Prospecção de um cliente real para teste e validação da metodologia apresentada para validar a coleta de dados;
- Avaliar o potencial real de ganho financeiro em uma análise real;
- Avaliar a possibilidade de desenvolvimento de *hardware* próprio para redução do custo de aquisição do equipamento;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR ISO 9001:2000: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro, 2000. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
- BERTI, Rodrigo de Matos. Implantação De Um Mes (Sistema De Execução De Manufatura) Em Um Ambiente De Manufatura Enxuta - Um Estudo De Caso Em Uma Linha De Montagem De Produtos Da Linha Branca. Florianópolis, 2016. 115 p.
- Confederação Nacional das Industrias. Competitividade Brasil 2019-2020. – Brasília: CNI, 2020. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/ca/fc/cafc2274-9785-40db-934d-d1248a64dd94/competitividadebrasil\\_2019-2020\\_v1.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/ca/fc/cafc2274-9785-40db-934d-d1248a64dd94/competitividadebrasil_2019-2020_v1.pdf); Acesso em 14/08/2021.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. Administração de produção e operações manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- DICKINSON, D. L.; BAILEY, D. VON. Meat traceability: Are U.S. consumers willing to pay for it? *Journal of Agricultural and Resource Economics*, v. 27, n. 2, p. 348–364, 2002.
- GODOY, Adelice Leite de. INDICADORES DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL. 2008. 23 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Cedet, São Paulo, 2009.
- HANSEN, R, C. Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre. Bookman, 2006.
- LAUDON, K.C E LAUDON, J.P. 2001. Gerenciamento de Sistemas de Informação. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 3.
- LIRANI, A. C. Rastreabilidade, uma exigência comercial. *Visão Agrícola*, v. 3, p. 97–99, 2005.
- Máquinas industriais no Brasil são até 3 vezes mais antigas que em países ricos. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/maquinas-industriais-no-brasil-sao-ate-3-vezes-mais-antigas-que-em-paises-ricos-10107142>>. Acesso em 19/06/2021.
- MESA. 1997. The Benefits of MES. White Paper. 1, 1997.
- NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- O'BRIEN, James A. 2004. Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet. 2. São Paulo: Saraiva, 2004.
- OLIVEIRA, G. C. DE; SOUSA, A. A. P.; SANTIAGO, A. S. Rastreabilidade como ferramenta de controle de processo e segurança em uma indústria de derivados de milho. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 11, 2011.
- PASCAL, B. et al. A holonic approach for manufacturing execution system design: An industrial application. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, p. 1239–1246, 2007.
- SANTOS, A., & SANTOS, M. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso. XXVII encontro Nacional de Engenharia de Produção. Paraná. 2007.

SEIXAS FILHO, C. 1999. A Produção em Foco. Rio de Janeiro: Scantech News, 1999, pp. 26-30.

SILVA, A. R. DA; GASPAROTTO, A. M. S. Estudo Sobre Rastreabilidade Visando Ao Controle De Processos. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 708–720, 2020.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3 eds. São Paulo, Editora Atlas, 2009.

TURBAN, Efraim, McLEAN, Ephraim e WETHERBE, James. 2004. Tecnologia da informação para gestão. 3. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ZUASHKIANI, A., RAHMANDAD, H., & JARDINE, A. K. Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices. Journal of Quality in Maintenance Engineering. (2011).