

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIEL CALDONAZO

ESTUDO PARA A IDENTIFICAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE KPIS MONITORADOS
POR DASHBOARDS PARA UM PROCESSO DE USINAGEM POR
ELETROEROSÃO EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

CURITIBA

2024

DANIEL CALDONAZO

ESTUDO PARA A IDENTIFICAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE KPIS MONITORADOS
POR DASHBOARDS PARA UM PROCESSO DE USINAGEM POR
ELETROEROSÃO EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Pereira Detro.
Coorientadora: Profa. Dra. Carla Regina Mazia Rosa

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Caldonazo, Daniel

Estudo para a identificação e implantação de kpis monitorados por dashboards para um processo de usinagem por eletroerosão em uma indústria metal mecânica / Daniel Caldonazo. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Silvana Pereira Detro

Coorientador: Carla Regina Mazia Rosa

1. Usinagem por eletroerosão. 2. Indicadores de desempenho. 3. Dashboards (Sistemas de informação gerencial). I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Detro, Silvana Pereira. IV. Rosa, Carla Regina Mazia. V. Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DANIEL CALDONAZO** intitulada: **Estudo para a Identificação e Implantação de KPIs Monitorados por Dashboards para um Processo de Usinagem por Eletroerosão em uma Indústria Metal Mecânica**, sob orientação da Profa. Dra. SILVANA PEREIRA DETRO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Junho de 2024.

Assinatura Eletrônica
29/06/2024 19:01:57.0
SILVANA PEREIRA DETRO
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
08/07/2024 13:50:31.0
JAIRO MULLER WOLF
Avaliador Externo (ROBERT BOSCH LTDA)

Assinatura Eletrônica
28/06/2024 21:03:04.0
MARCELL MARIANO CORREA MACENO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
01/07/2024 10:04:03.0
NICOLLE CHRISTINE SOTSEK RAMOS
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

*Dedico este trabalho aos meus pais Joaquim
e Teresinha (in memoriam),
minha esposa Eliane e meus filhos
Ana Carolina e Gustavo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, que me deu força para concluir esta etapa de minha vida e com ele ao lado tudo fica mais fácil.

Agradeço a minha família, meus pai Joaquim Ponciano Caldonazo e minha mãe Teresinha de Jesus Caldonazo (in memoriam) e minha irmã Aline Caldonazo e meu irmão Eduardo Caldonazo, por tudo.

A minha esposa Eliane Lebit Caldonazo e meus filhos Ana Carolina Caldonazo e Gustavo Lebit Caldonazo, pelos incentivos e entenderem os momentos de ausência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná, e aos coordenadores Prof. Dr. Marcell Mariano Corrêa Maceno e Profa. Dra. Mariana Kleina.

Agradeço especialmente a minha orientadora Profa. Dra. Silvana Pereira Detro por toda a paciência, dedicação e empenho com que sempre me orientou neste trabalho e da minha coorientadora Profa. Dra. Carla Regina Mazia Rosa. Ambas me acolheram e me ajudaram nas etapas desta trajetória.

Agradeço meus colegas discentes de Mestrado pela parceria nas aulas, trabalhos e troca de experiências com cada um.

Agradeço também ao meu colega de trabalho Jairo Wolff Muller, pelos incentivos nesta caminhada do Mestrado Acadêmico.

RESUMO

Nas últimas décadas, o rápido desenvolvimento tecnológico tem causado uma alta competitividade entre as empresas, incentivando a busca por estratégias como o monitoramento da performance do negócio por meio de indicador-chave de desempenho. A definição de um conjunto eficiente desses indicadores pode estabelecer uma vantagem competitiva nas organizações para o alcance de seus principais objetivos estratégicos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi de propor um processo de gestão de indicadores de desempenho relacionados a um processo de EDM, e monitorá-los por meio de dashboards, a fim de proporcionar aos responsáveis uma robusta ferramenta no auxílio a tomada de decisão de negócios baseada em dados em uma empresa metal mecânica. Através da conectividade instalada com as máquinas de EDM, foi possível permitir que ações fossem planejadas e executadas de forma rápida e eficaz em prol da melhor performance dos indicadores utilizados pela empresa analisada. Para cumprir esse objetivo ocorreu a definição dos critérios para a identificação dos indicadores-chave de desempenho, definidos através da utilização dos questionários das 5 dimensões e das 12 características de um indicador-chave de desempenho eficaz, foi realizada a análise individual dos 36 indicadores obtidos na revisão da literatura e dos 11 utilizados pela empresa, que resultou em 13 indicadores selecionados para o processo analisado. Plataformas de monitoramento foram elaboradas para o acompanhamento on-line dos indicadores-chave de desempenho propostos. Por fim, foi realizado um questionário a fim de analisar o método aplicado para seleção dos indicadores, o qual demonstrou que na visão dos participantes do processo analisado, independente do cargo dos entrevistados, que o método aplicado na identificação dos KPIs foi desenvolvido de maneira clara e resultou em uma quantidade ideal e eficaz para a gestão do processo de EDM, o que demonstrou que os indicadores-chave de desempenho selecionados foram adequados para a tomada de decisão assertiva.

Palavras-chave: indicadores chave de desempenho; medição de desempenho; usinagem por eletroerosão.

ABSTRACT

In recent decades, rapid technological development has led to increased competitiveness among companies, encouraging the search for strategies such as monitoring business performance through key performance indicators. Defining an efficient set of these indicators can provide organizations with a competitive advantage in achieving their main strategic objectives. In this sense, the objective of this study was to propose a process for managing performance indicators related to an EDM process and monitoring them through dashboards, to provide those responsible with a robust tool to assist in making data-based business decisions in a metalworking company. Through the connectivity installed with the EDM machines, it was possible to allow actions to be planned and executed quickly and effectively in favor of better performance of the indicators used by the company analyzed. To achieve this objective, criteria were defined for identifying key performance indicators, defined by questionnaires of the 5 dimensions and 12 characteristics of an effective key performance indicator. An individual analysis was carried out of the 36 indicators obtained in the literature review and of the 11 used by the company, which resulted in 13 indicators selected for the process analyzed. Monitoring platforms were developed for online monitoring of the proposed key performance indicators. A questionnaire was carried out to analyze the method applied for selecting the indicators, which demonstrated that in the view of the participants in the analyzed process, regardless of the position of the interviewees, all agreed that the method applied in identifying the KPIs was developed in a clear manner and resulted in an ideal and effective quantity for managing the EDM process for 100% of the interviewees, which demonstrated that the selected key performance indicators were defined as objectives and clear for assertive decision making.

Keywords: key performance indicators; performance measurement; machining by electroerosion.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Sistema de medição de desempenho	24
FIGURA 2 – Tipos de indicadores de desempenho	26
FIGURA 3 – Quadrilátero do diabo	29
FIGURA 4 – Detalhe da usinagem por EDM	43
FIGURA 5 – Detalhe dos furos	43
FIGURA 6 – Lay out do processo de EDM	44
FIGURA 7 – Árvore de indicadores.....	45
FIGURA 8 – Árvore de indicadores do processo de EDM	46
FIGURA 9 – Desenvolvimento da pesquisa	46
FIGURA 10 – Pentágono das dimensões	48
FIGURA 11 – Templo de Ciclo	62
FIGURA 12 – Controle de Cabeçotes	63
FIGURA 13 – Reclamações de Qualidade	64
FIGURA 14 – Custo de Ferramentas	64
FIGURA 15 – Custo do Refugo	65
FIGURA 16 – Competência dos Colaboradores.....	66
FIGURA 17 – Legenda Competência dos Colaboradores	67
FIGURA 18 – Volume de Produção	67
FIGURA 19 – Falhas de Diâmetro.....	68
FIGURA 20 – Eficiência de Máquinas	70
FIGURA 21 – Pareto de Máquinas	70
FIGURA 22 – Percentual de Peças Aprovadas.....	71
FIGURA 23 – Segurança Operacional	72
FIGURA 24 – Produtividade Direta	73

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Etapas da pesquisa	21
QUADRO 2 – Tipos de medidas de desempenho	27
QUADRO 3 – Classificação metodológica	41
QUADRO 4 – Questionário das 5 Dimensões	49
QUADRO 5 – Questionário das 12 Características	50
QUADRO 6 – KPIs identificados na Revisão da Literatura	54
QUADRO 7 – KPIs utilizados no processo de EDM	55
QUADRO 8 – KPIs pré-selecionados	56
QUADRO 9 – Aplicabilidade dos KPIs	58
QUADRO 10 – Relação dos KPIs com as 5 Dimensões	59
QUADRO 11 – Relação final dos KPIs com as 5 Dimensões	60
QUADRO 12 – Relação dos KPIs com as 12 Características	61

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Relação dos KPIs com as 12 Características	59
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultado do questionário	75
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

APP	Aderência ao Plano de Produção
BI	<i>Business Intelligence</i> / Inteligência de Negócios
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
EDM	<i>Electrical Discharge Machining</i> / Usinagem por Eletroerosão
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FPY	<i>First Pass Yield</i>
IDP	Indicador de Desempenho de Decisão
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> / Indicador-Chave de Desempenho
KPIs	<i>Key Performance Indicators</i> / Indicadores-Chave de Desempenho
KPR	<i>Key Performance Result</i> / Indicador-Chave de Resultado
KRI	<i>Key Result Indicator</i> / Indicador Chave de Resultado
MAE	Máquina de Eletroerosão
MDN	<i>Decision Model and Notation</i> / Modelo de Decisão e Notação
MP	Monitoramento de Processos
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> / Eficiência Geral dos Equipamentos
PI	<i>Performance Indicator</i> / Indicadores de Performance
PCS	Problema/Causa/Solução
RI	<i>Result Indicators</i> / Indicador de Resultado
SAP	<i>Software Applications and Products</i>
SMD	Sistema de Medição de Desempenho
TRM	Taxa de Remoção de Material

LISTA DE SÍMBOLOS

® - marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2	PERGUNTA DE PESQUISA	19
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos.....	19
1.4	JUSTIFICATIVA.....	20
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
1.6	DELIMITAÇÃO	22
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	MEDIÇÃO DE DESEMPENHO	23
2.2	INDICADOR-CHAVE DE DESEMPENHO	27
2.3	INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS	34
2.4	MONITORAMENTO DE PROCESSOS	37
2.5	PROCESSOS DE USINAGEM POR ELETROEROSÃO	37
2.6	TRABALHOS CORRELATOS	38
3	METODOLOGIA.....	41
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	41
3.2	O PROCESSO DE EDM.....	42
3.3	ETAPAS METODOLÓGICAS	46
4	DESENVOLVIMENTO.....	53
4.1	ETAPA 1	53
4.2	ETAPA 2.....	53
4.3	ETAPA 3.....	57
4.3.1	Tempo de Ciclo.....	61
4.3.2	Controle de Cabeçotes	62
4.3.3	Reclamações de Qualidade	63
4.3.4	Custo de Ferramentas	64
4.3.5	Custo do Refugo	65
4.3.6	Competência dos Colaboradores	66
4.3.7	Volume de Produção	67

4.3.8	Falhas no Diâmetro	68
4.3.9	Eficiência de Máquinas	69
4.3.10	Percentual de Peças Aprovadas	71
4.3.11	Segurança Operacional	72
4.3.12	Produtividade Direta	73
4.4	ETAPA 4	74
5	RESULTADOS	76
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE 1 – CONTROLE DE CABEÇOTE	84
	APÊNDICE 2 – FALHAS NO DIÂMETRO	85
	APÊNDICE 3 – CUSTO DE FERRAMENTAS	86
	APÊNDICE 4 – TEMPO DE CICLO	87
	APÊNDICE 5 – QUALIDADE EXTERNA	88
	APÊNDICE 6 – QUALIDADE INTERNA	89
	APÊNDICE 7 – COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES	90
	APÊNDICE 8 – SEGURANÇA OPERACIONAL	91
	APÊNDICE 9 – PERCENTUAL DE EPEÇAS APROVADAS	92
	APÊNDICE 10 – VOLUME DE PRODUÇÃO	93
	APÊNDICE 11 – PRODUTIVIDADE DIRETA	94
	APÊNDICE 12 – EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS	95
	APÊNDICE 13 – CUSTO DE REFUGO	96

1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência das empresas está fortemente relacionada à competitividade de longo prazo. Isso significa que as empresas devem garantir que os sistemas de produção sejam caracterizados por um excelente desempenho em termos de confiabilidade, sustentabilidade, flexibilidade e produtividade (ANTE *et al.*, 2018). Nesse sentido, a tomada de decisão não pode ser lenta ou baseada na intuição, pois quanto mais tempo demorar e menor for a assertividade, maior será o prejuízo da empresa (MARCHISOTTI *et al.*, 2018).

Para garantir um alto desempenho e um monitoramento contínuo do controle do processo, é necessário definir indicadores adequados que apoiem a tomada de decisão, implementando efetivamente um sistema robusto de monitoramento e controle em toda a instalação fabril e no desempenho operacional (ANTE *et al.*, 2018).

Uma forma possível de realizar esse monitoramento é medir o desempenho por meio de métricas conhecidas como *Key Performance Indicator* / Indicador-Chave de Desempenho (KPI). A definição de KPIs específicos, para acompanhar o estado e a evolução de um processo, revela-se determinante no auxílio ao processo de tomada de decisão, pois a qualidade da gestão está positivamente relacionada com a qualidade da tomada de decisão gerencial (WIEDER; OSSIMITZ, 2015).

KPIs são medidas quantificáveis e estratégicas que refletem a situação de uma empresa e são usados para quantificar a eficiência e a eficácia das operações de fabricação. Por meio dos KPIs, os tomadores de decisão podem identificar a lacuna entre o desempenho real e o desejado, tomando as ações correspondentes para a melhoria (ZHU *et al.*, 2018). Uma estrutura de KPIs é crucial para medir a distância entre as operações atuais e as desejadas e, em muitos casos, pode ser usada para identificar o progresso na busca por fechar as lacunas de produtividade (ANTE *et al.*, 2018).

As organizações lidam com uma variedade de KPIs que abrangem diferentes áreas. Cada indicador descreve apenas uma determinada atividade e/ou característica de cada empresa. É por isso que a seleção de indicadores ideais para o sucesso das organizações é exigida pelos gestores. No entanto, devido ao número de métricas diferentes e seu impacto na saúde geral da empresa, a gestão tem enfrentado dificuldades na seleção correta desses KPIs (KAGANSKI *et al.*, 2018).

É preciso reconhecer que a análise de um KPI mal escolhido pode ter um impacto prejudicial na empresa, pois os problemas persistiriam, assim como pode ter um impacto negativo na criatividade, impondo restrições ao lidar com diferentes questões. Por outro lado, um KPI pode direcionar a gestão na direção certa, reduzindo informações desnecessárias e agilizando o processo de tomada de decisão (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2018; KAGANSKI *et al.*, 2018).

Um gestor de produção pode avaliar o desempenho de cada processo produtivo, analisando os KPIs corretos dentro de cada situação, a fim de planejar ações para corrigir desvios ou implementar melhorias em uma parte ou no processo de produção como um todo, e deve considerar na avaliação a grande diversidade de processos produtivos, com diferentes tipos de máquinas com suas respectivas particularidades.

Um exemplo de processo produtivo dentro da diversidade existente na indústria e que devido a um crescente uso de materiais com resistências termomecânicas cada vez maiores, a eletroerosão, (*Electrical Discharge Machining – EDM*) é cada vez mais aplicada para diferentes finalidades (KÜPPER *et al.*, 2020). EDM é uma tecnologia eficaz na usinagem de materiais difíceis de cortar, por exemplo, as superligas, devido à sua característica de não haver contato com o produto e possibilitar uma alta precisão em comparação com a usinagem convencional (AFRASIABI *et al.*, 2018).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Muitas indústrias ainda utilizam o gerenciamento e a análise de processos produtivos de forma manual e intuitiva dos dados para obter uma visão geral dos negócios, o que impossibilita tomar decisões rapidamente, resultando em um impacto negativo nos processos. Assim, é necessário que as organizações invistam nas suas estratégias de negócios, alterando desta forma, o modo como os processos são monitorados (KAGANSKI *et al.*, 2018).

Todas as operações produtivas necessitam de alguma forma de medida de desempenho para que seja possível identificar as possibilidades de melhoria dentro das organizações. Após a medição do desempenho, os gestores devem questionar se o resultado aponta para um cenário bom, ruim ou indiferente (SLACK *et al.*, 2009).

O processo produtivo analisado, possui um gerenciamento baseado em KPIs padronizados, ou seja, são utilizados em qualquer um dos processos da empresa analisada e não foram escolhidos levando em consideração as particularidades do processo analisado. As decisões frequentemente são realizadas com base na experiência dos gestores, que também varia de acordo com o turno de trabalho.

Levando em consideração a contextualização do problema, juntamente com a oportunidade de realizar um trabalho aplicado em uma grande indústria da região de Curitiba, este trabalho busca a identificação de KPIs aplicáveis na indústria especificamente em um processo composto por máquinas de usinagem por EDM, da empresa analisada.

O processo de EDM é o gargalo dentro da linha de produção do produto na empresa parceira, pois tem como função realizar a usinagem com alta precisão de furos por onde o fluido de combustível é injetado nas câmaras de combustão dos motores para que seja realizado a explosão do combustível e, consequente movimento do motor. Para uma combustão eficaz é fundamental que o fluido não sofra interferência de usinagem como variações de diâmetro e problemas de acabamento superficial que possam gerar turbulência no sistema de injeção, o que tem como consequência a emissão de particulados na atmosfera, ou seja, poluição da atmosfera.

Para a comercialização é exigido pelos clientes no mercado nacional e internacional, que os produtos estejam aprovados por normas reguladoras de emissão de poluentes. No Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu a Fase Proconve P8 de Exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. A fase Proconve P8 é equivalente a Euro 6, que regula as emissões de poluentes por veículos pesados a diesel. Ela estabelece limites mais rigorosos para gases de escapamento, partículas e ruído. A principal diferença entre a norma P-8 e a legislação europeia é que a P-8 leva em conta as condições específicas do Brasil, como o peso bruto total combinado e as estradas (CONAMA, 2018).

Para atender às normas de emissão de poluentes, se faz necessário controles de indicadores de processos, extremamente afinados e robustos para garantir as especificações técnicas e competitividade do produto. Com a seleção dos KPIs, espera-se um controle eficaz, servindo como apoio à tomada de decisão, inicialmente em um processo específico desta organização.

1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

Para direcionar o desenvolvimento deste trabalho, a seguinte pergunta de pesquisa foi elaborada: Quais KPIs são eficazes para o monitoramento de um processo de EDM de modo a tornar a análise e a tomada de decisão assertivas, como também gerar possibilidades de melhorias e otimizações?

1.3 OBJETIVOS

Para o estudo, são apresentados os objetivos a seguir:

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um processo de gestão de indicadores de desempenho relacionados a um processo de EDM, e monitorá-los por meio de *dashboards*, a fim de proporcionar aos responsáveis uma robusta ferramenta no auxílio a tomada de decisão de negócios baseada em dados em uma empresa metal mecânica situada na região de Curitiba.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar, através da Revisão da Literatura, os KPIs relevantes para o processo de usinagem por EDM, como também os critérios para a sua seleção;
2. Analisar os indicadores existentes no processo de EDM da empresa parceira e verificar a continuidade da utilização destes KPIs;
3. Definir, testar e validar a conectividade e aplicação dos indicadores;
4. Desenvolver e implementar plataformas de visualização para o monitoramento dos KPIs;
5. Analisar o impacto do processo de gestão de indicadores de desempenho propostos na empresa analisada, utilizando um questionário.

1.4 JUSTIFICATIVA

O ambiente empresarial está em constante evolução, tornando-se cada vez mais complexo, e as organizações precisam se atualizar para se tornarem mais ágeis e capazes de tomar decisões operacionais frequentes, rápidas, estratégicas e táticas (SHARDA *et al.*, 2017).

Os KPIs são uma importante ferramenta para gerir organizações, simplificando assuntos complexos e criando transparência, sendo a base para analisar e melhorar processos, além de auxiliar em funções como o planejamento e suporte em várias áreas, estabelecendo metas e, principalmente, como base para análise e tomada de decisão (MEIER *et al.*, 2013).

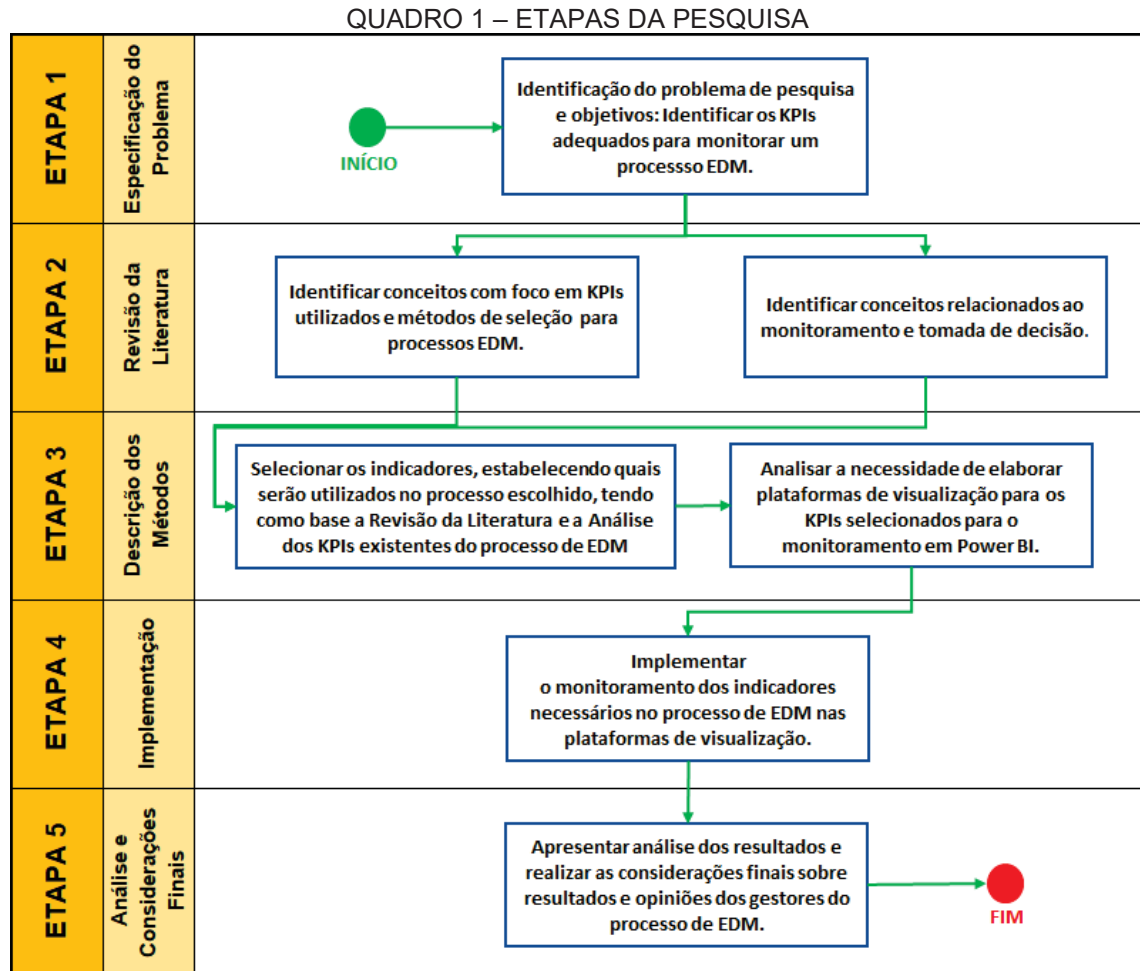
Alcançar a qualidade desejada do bem manufaturado, mantendo um custo relativamente baixo, tornou-se um objetivo comum para vários fabricantes ao redor do mundo. Nas áreas de processos de fabricação não tradicionais, como a usinagem por EDM, atingir a performance desejada na usinagem do produto representa um grande desafio, pois a relação entre o processo e os KPIs não é totalmente compreendida (LU *et al.*, 2017).

No levantamento bibliográfico feito nas principais bases de busca acadêmica, foram encontrados KPIs utilizados em processo de EDM, porém os artigos encontrados focam em características específicas do processo e não considera a análise do processo como um todo, nem como realizar a identificação de KPIs específicos e aplicáveis em processos de EDM, ou seja, existe um gap relacionado a uma metodologia de identificação de KPIs para este modelo de processo de usinagem. Como exemplo de identificação para o processo de EDM, foram identificados 2 novos KPIs: Falhas no Diâmetro e Controle de Cabeçotes.

Esse estudo se justifica pela necessidade de compreender as demandas específicas associadas à gestão da produção e suas implicações no processo de seleção de KPIs necessários para uma correta tomada de decisão em um processo de EDM. Além disso, se apresenta como uma importante contribuição acadêmica, pois oferece um exemplo de aplicação de KPIs identificados e selecionados para este tipo de processo produtivo, a fim de obter maior assertividade e eficiência na gestão de resultados no contexto particular deste processo da empresa parceira.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho, o QUADRO 1 ilustra a organização da estrutura que descreve o estudo realizado.



FONTE: O autor (2023)

A primeira etapa é composta pelo capítulo um que é introdutório e dedicado a contextualização do problema, à pergunta de pesquisa, à justificativa, à definição dos objetivos, à delimitação e à estrutura do trabalho.

Na segunda etapa, apresentada no capítulo dois, foi realizada a revisão da literatura, que possibilitou abordar os conceitos relacionados e identificar os métodos utilizados para a escolha dos KPIs em processos semelhantes ao estudo de caso. O *software Mendeley*® foi utilizado para o armazenar e organizar os artigos, bem como para gerenciar as citações e das referências bibliográficas utilizadas.

A terceira etapa apresentada no capítulo três, diz respeito ao enquadramento metodológico da pesquisa e a definição do método utilizado na seleção dos KPIs levando em consideração as particularidades do processo do estudo de caso. No capítulo quatro, que inclui a quarta e quinta etapas, será apresentada a elaboração da plataforma de visualização e a aplicação dos KPIs escolhidos para o monitoramento. Neste capítulo serão apresentados:

1. As análises dos resultados com a interação dos gestores do processo com as plataformas virtuais;
2. As principais conclusões sobre as informações apresentadas.

1.6 DELIMITAÇÃO

O escopo deste estudo abrange a identificação de KPIs para apoiar a tomada de decisão na gestão de indicadores em um processo de EDM de uma multinacional da indústria de alto peças, localizada na região da Cidade Industrial de Curitiba. A escolha desse processo se deve ao fato deste ser o gargalo de toda a linha de produção de um dos produtos fabricados nesta empresa.

Para Parmanter (2019), existem quatro tipos de medidas de desempenho divididas em dois grupos: Indicadores de Resultado ou *Result Indicator* (RI) e Indicadores de Desempenho. Neste estudo não será aplicado a identificação de RI, pelo fato de que representam o somatório de contribuições de mais de uma equipe. Essas medidas são úteis para observar o trabalho em equipe combinado, porém não auxiliam a gestão na resolução de problemas, pois é difícil apontar quais equipes e/ou processos são responsáveis pelo desempenho ou falta de desempenho.

Este trabalho trata da utilização de indicadores de desempenho, mais especificamente na identificação dos KPIs, uma vez que são medidas que podem ser vinculadas a equipes no nível operacional de um processo produtivo, com o objetivo de alcançar um ou mais objetivos comuns.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados as principais informações e conceitos necessários para embasar a execução desse estudo, por meio de uma pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2010), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos e a principal vantagem, reside no fato de permitir ao pesquisador abranger uma ampla gama de fenômenos que seria impraticável investigar diretamente.

A Revisão de Literatura foi realizada através de uma pesquisa nas bases de busca acadêmica Science Direct, Periódicos Capes, Scopus e Google Acadêmico. Para direcionar a pesquisa, a busca de materiais foi feita a partir da definição das palavras-chave e direcionado para dois eixos de pesquisa:

1. KPI ou *Key Performance Indicator* ou Indicador-Chave de Desempenho;
2. EDM ou *Electrical Discharge Machining* ou Usinagem por Eletroerosão.

Toda a fundamentação teórica deste capítulo, foi utilizada como base para a definição da metodologia, bem como para a compreensão do tema proposto, com foco na identificação dos KPIs relevantes para um processo de EDM.

2.1 MEDIÇÃO DE DESEMPENHO

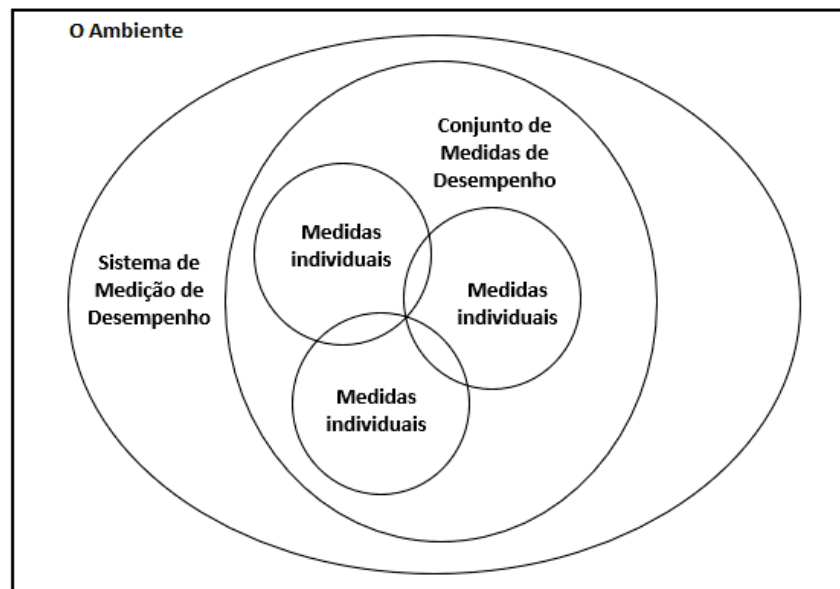
Um dos elementos básicos na gestão é o controle. No entanto, a medição de desempenho, embora esteja associada ao controle, não deve possuir um caráter opressor. Seu objetivo é buscar formas efetivas de avaliar o desempenho da organização e orientar a tomada de decisão, com foco em sua estratégia, por meio de um portfólio adequado de indicadores de desempenho (JACKSON, 2005). A medição de desempenho tem a função principal de mensurar a efetividade das atividades que estão sendo desempenhadas, para que as organizações possam direcionar seus esforços para os locais onde melhores resultados possam ser obtidos (SLACK *et al.*, 2009).

As operações produtivas precisam de algum tipo de medição de desempenho, para melhorar a eficiência e de que seja avaliado o valor que está sendo entregue para os clientes (NEELY *et al.*, 2005). Um Sistema de Medição de Desempenho (SMD) é um conjunto articulado de indicadores de desempenho que

permite realizar a gestão a partir do seu acompanhamento, baseado em dados coletados, de forma adequada, para fornecer informações que serão efetivamente utilizadas na identificação de problemas e oportunidades para a tomada de decisão gerencial (PAIM *et al.*, 2009).

Um SMD pode auxiliar na tomada de decisões, fundamentando as argumentações mediante o fornecimento das informações (ou métricas) dos processos, ou seja, proporcionam evidências para que os gestores possam direcionar mudanças e proporcionar o desenvolvimento da organização. (JAGDEV *et al.*, 2004). Para Neely *et al.* (2005) um SMD possui três tipos diferentes de medidas de desempenho como exposto na FIGURA 1.

FIGURA 1 – SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO



FONTE: Adaptado de Neely *et al.* (2005)

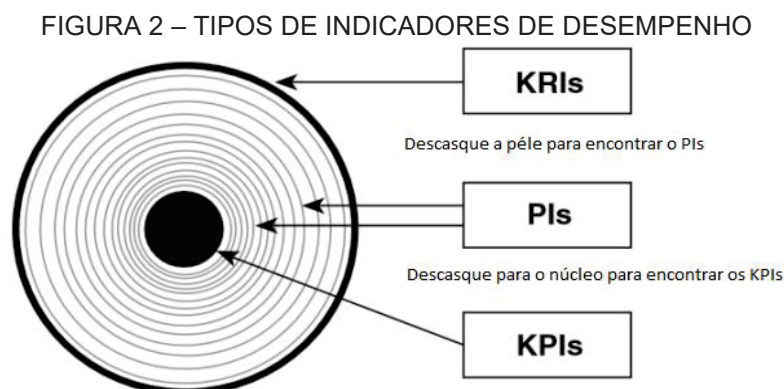
1. Medidas de desempenho individual: todos os sistemas de medição de desempenho consistem em várias medidas individuais de desempenho que podem ser analisadas por meio de perguntas como: Quais medidas de desempenho são usadas? Para que são usadas? Quanto custam? Quais benefícios fornecem?
2. Conjunto de medidas de desempenho: considera o sistema de medição de desempenho como um todo, identificando as várias dimensões de um sistema de medição de desempenho e avalia o processo de design de sistema de medição de desempenho;

3. Sistema de medição de desempenho: a relação entre o SMD e o ambiente no qual ele opera está em um nível mais alto. Entre outras coisas, isso significa que o sistema de medição de desempenho terá que interagir com um ambiente mais amplo em duas dimensões fundamentais.

Para Parmenter (2019), um SMD possui quatro tipos de medidas de desempenho: Indicadores de Resultado ou *Result Indicator* (RI), Indicador Chave de Resultado ou *Key Result Indicator* (KRI), Indicador de Performance ou *Performance Indicator* (PI) e Indicador-Chave de Desempenho ou *Key Performance Indicator* (KPI). O autor definiu essas medidas de desempenho da seguinte forma:

1. KRI: é caracterizado por ser o reflexo de várias ações, como a satisfação dos clientes e o retorno de investimento, contudo não indicam o que é necessário para melhorar os resultados obtidos pelos indicadores, pois se referem a uma medida do passado;
2. PI: representa períodos mais curtos do que o KRI e, se caracteriza, pelo foco em uma única atividade ou parâmetro, como o lucro em segmentos de produtos e a percentagem de colaboradores que dão sugestões de forma contínua;
3. KPI: está no núcleo e representa um conjunto de medidas com foco nos aspectos de desempenho organizacional mais críticos para o sucesso atual e futuro da organização. Informam o que deve ser feito para aumentar o grau de desempenho;
4. RI: representa um somatório de contribuições de mais de uma equipe em uma organização e como elas estão trabalhando, desempenhando suas atividades em um horizonte de tempo mais amplo. Informam o impacto do que foi feito.

Neste sentido, as diversas camadas surgem como representação dos vários indicadores de desempenho, classificados em três níveis de indicadores, como apresentado na FIGURA 2.



FONTE: Adaptado de Parmanter (2007)

Na FIGURA 2 é apresentada a distinção destas medidas de desempenho. Parmenter (2007) explicou os tipos de Indicadores de Desempenho usando uma analogia, considerando as camadas de uma cebola. A pele externa descreve a condição geral da cebola. No entanto, à medida que a cebola é descascada, mais informações são disponibilizadas.

Para a medição do desempenho existe um conjunto de palavras que são frequentemente utilizadas, tais como, medida de desempenho, métrica, PI, KPI, KRI, meta, objetivo, alvo, prioridade, entre outras. No entanto, o problema não está no grande número de palavras, mas sim no fato de elas serem utilizadas de forma diferente e de possuírem vários significados. A maioria dos KPIs raramente são novos para uma organização. No entanto, eles podem ser esquecidos ou não reconhecidos pela organização (BARR, 2017).

Para facilitar a estruturação da gestão, alinhando a estratégia em um conjunto de métricas e indicadores financeiros e não financeiros, Robert Samuel Kaplan e Dave Norton, em 1992, desenvolveram o *Balanced Scorecard* (BSC). O BSC não é apenas um painel de indicadores de desempenho, é uma ferramenta para facilitar um programa de desempenho eficaz, utilizando um sistema de gestão estratégico construído nas organizações e com foco na estratégia. O BSC é organizado em torno de quatro perspectivas distintas: financeira, dos clientes, dos processos internos e do aprendizado e crescimento (CHIAVENATO *et al.*, 2003).

Para Parmanter (2019), o BSC chama atenção da gestão para o fato de que uma organização deve ter uma estratégia equilibrada e o seu desempenho necessita ser medido de uma forma mais holística. O autor caracterizou no QUADRO 2, os

tipos de medidas de desempenho em 4 aspectos: tipo, descrição, características e frequência de medição.

QUADRO 2 – TIPOS DE MEDIDAS DE DESEMPENHO

Tipo	Descrição	Características	Frequência de Medição
RIIs	São medidas que indicam um resumo da visão geral do desempenho de diversas equipes.	Podem ser medidas financeiras ou não financeiras que não indicam o que se deve fazer para melhorar, pois são um resumo do progresso coletivos de um grande número de equipes.	Mensal / Trimestral
KRIIs	São medidas que indicam o resultados do esforço coletivo das equipes em um área específica, proporcionando uma visão de 15 meses de atividade.	Podem ser medidas financeiras ou não financeiras que não indicam o que se deve fazer para melhorar, pois são um resumo do progresso coletivos de um grande número de equipes.	Mensal / Bimestral / Trimestral / Quadrimestral
PIIs	São medidas ligadas a uma atividade específica de uma equipe, que indicam aos colaboradores e aos gestores o que devem fazer.	São medidas não financeiras que não indicam o que se deve fazer para melhorar, pois são um resumo dos esforços coletivos de um grande número de equipes.	Diária / Semanal / Quinzenal / Mensal.
KPIIs	São medidas disponíveis para todos os colaboradores e aos gestores que indicam onde é possível melhorar o desempenho, em uma atividade específica.	São medidas não financeiras de responsabilidade de uma equipe ou grupo de equipes, que trabalham juntas para que entendam a medida e qual ação corretiva é necessária.	Diária / Semanal / 24/7

FONTE: Adaptado de Parmanter (2019).

Um indicador de desempenho é compreendido como uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, utilizada para estruturar e compreender informações relevantes, a fim de garantir um maior controle, comunicação clara de objetivos, motivação dos colaboradores, além de facilitar a identificação de melhorias nas organizações e a tomada de decisão (PARMANTER, 2019).

2.2 INDICADOR-CHAVE DE DESEMPENHO

A sigla KPI é originada da língua inglesa, e representa a junção das três primeiras letras das palavras *Key Performance Indicator*, que pode ser entendido em português como Indicador-Chave de Desempenho que, segundo Ante *et al.* (2018) são um conjunto de métricas quantificáveis e estratégicas num sistema de

mensuração de desempenho, que refletem os fatores críticos de sucesso de uma empresa.

No ambiente competitivo, o sistema de medição de desempenho deve abranger uma ampla gama de métricas de processos de negócios, razão pela qual os KPIs são focados principalmente em processos. Quanto mais criticamente um KPI for escolhido, melhor ele poderá controlar melhorias e ajustar metas. A geração de KPIs específicos depende se o problema é operacional ou estratégico por natureza (ANTE *et al.*, 2018). Parmenter (2019) afirma que os KPI são um conjunto de métricas que focam em aspectos críticos da performance de uma empresa e são essenciais para seu sucesso, indicando o que fazer para aumentar o desempenho. Esses indicadores devem ser revisados diariamente ou semanalmente.

Os KPIs definem o estado do processo a ser analisado em comparação com um objetivo previamente estabelecido. Eles representam um conjunto de medidas que se concentram nos aspectos críticos do desempenho organizacional, fundamentais para o sucesso atual e futuro de uma organização. A seleção adequada e a compreensão dos KPIs podem ajudar uma empresa a alcançar o sucesso desejado (PARMANTER, 2019; ANTE *et al.*, 2018). Para que os gestores possam garantir a boa organização e gestão das suas empresas é necessário que eles saibam em que estado se encontram os processos que estão serão monitorados. Desta forma, é importante contar com informações confiáveis e utilizá-las de forma proveitosa para a gestão das empresas (LO-LACONO-FERREIRA *et al.*, 2019).

O uso dos KPIs torna-se uma ferramenta de grande importância para os gestores, pois através do seu uso é possível analisar informações que ofereçam uma visão transparente, facilitando a identificação de melhorias nos processos, como também a identificação de problemas nos processos produtivos (BHADANI *et al.*, 2019). Em um sistema de gerenciamento de desempenho, o mais importante ao medir uma atividade é que o desempenho dela, esteja alinhado com a estratégia do negócio. Para distinguir entre métricas comuns e métricas estrategicamente alinhadas e a diferença entre uma métrica e um KPI é que um KPI incorpora um objetivo estratégico e mede o desempenho em relação a uma meta (ECKERSON, 2012).

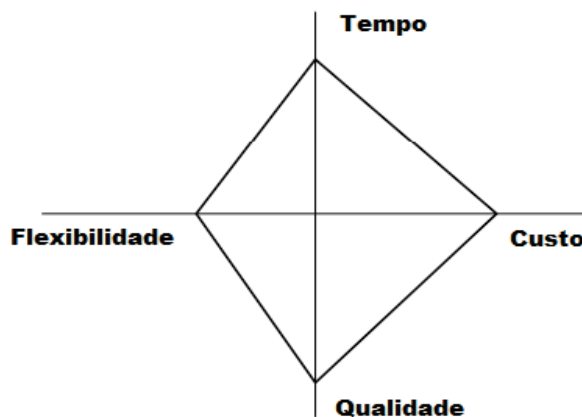
A dimensão mais básica de um KPI é sua utilização para medir um aspecto de um sistema, fazendo com que a avaliação de uma atividade seja um elemento

crítico para medir o sucesso e a melhoria de qualquer negócio. Devido à amplitude desse contexto, existem muitas perspectivas diferentes sob as quais o estudo da medição de desempenho pode ser considerado (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019).

Em relação aos indicadores em geral, existe uma distinção entre números absolutos e números relativos de forma quantitativa. Um número absoluto é independente de outros indicadores e pode ser composto por indivíduos, somas, diferenças e médias, mas só ganha significado quando comparado a outros indicadores. O número relativo pode ser decomposto em proporções, números de referência e índices. As proporções representam a relação de um indicador em relação ao todo, permitindo a comparação de KPIs (MEIER *et al.*, 2013).

De acordo com Dumas *et al.* (2018), para melhorar o desempenho dos processos de negócios, é necessário identificar corretamente os KPIs que melhor atendam às estratégias competitivas de uma organização, considerando o impacto que decisões em um KPI podem gerar em outro ou em uma dimensão, como exemplificado pelo "Quadrilátero do Diabo", apresentado na FIGURA 3. Essa estrutura é baseada em quatro importantes dimensões: tempo, custo, qualidade e flexibilidade.

FIGURA 3 – QUADRILÁTERO DO DIABO.



FONTE: Adaptado de Dumas *et al.* (2018).

O aspecto fundamental do Quadrilátero do Diabo é sugerir que ao melhorar um processo em uma das quatro dimensões, uma ou mais dimensões podem ter seu desempenho prejudicado. Em outras palavras, se um dos vértices do quadrilátero se movimentar, pode haver um movimento indesejável nos outros três

vértices (DUMAS *et al.*, 2018). Para Ahmad *et al.* (2018), Dumas *et al.* (2018) e Gottmann (2016), as quatro dimensões de desempenho são:

- Tempo: refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo. Embora, geralmente o objetivo de um esforço para reduzir o tempo, existem muitas maneiras diferentes de especificar melhor esse objetivo;
- Custo: refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Um aumento no rendimento no processo pode ter o mesmo efeito no lucro de uma organização que uma diminuição nos custos. No entanto, as organizações, normalmente dirigem seus esforços para a redução de custos;
- Qualidade: refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo. Isso também é conhecido como distinção entre qualidade externa e qualidade interna;
- Flexibilidade: A flexibilidade pode ser definida de forma geral como a capacidade de reagir às mudanças, e é fundamental que uma empresa utilize ao máximo essa flexibilidade sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade. Essas mudanças podem estar relacionadas a várias partes do processo de produção, como a capacidade de executar diferentes tarefas e a habilidade de lidar com variações nos tipos de produtos e cargas de trabalho variáveis em resposta às necessidades dos clientes.

Kaplan e Norton (2000), através do BSC materializaram a visão e a estratégia de uma empresa por meio de um mapa coerente com objetivos e medidas de desempenho, organizados segundo quatro dimensões: financeira, clientes, dos processos internos e aprendizado e crescimento. Tais medidas devem ser interligadas para comunicar um pequeno número de temas estratégicos amplos, como o crescimento da empresa, a redução de riscos ou o aumento de produtividade.

Para Gottmann (2016), as dimensões consideradas no contexto de um processo produtivo - tempo, custo e qualidade - representam o triângulo mágico, defendendo também a inter-relação entre os três vértices, como afirmado por Dumas *et al.* (2018). Becker (2018) argumenta que essa regra não necessariamente se aplica a todas as possibilidades de variação, pois podem ocorrer situações em que

todos os vértices tenham um impacto positivo ou negativo na mesma tendência. Dumas *et al.* (2018) concorda com a existência da possibilidade de ocorrer diferenças nas inter-relações e destaca que a flexibilidade deve ser adicionada às outras três dimensões.

Segundo Neely *et al.* (2005), é impraticável revisar todas as possíveis medidas de desempenho da manufatura em um único artigo, assim os autores realizaram uma seleção das medidas mais importantes relacionadas à qualidade, tempo, custo e flexibilidade. O artigo conclui que autores individuais tendem a se concentrar em diferentes aspectos relacionados à estratégia de negócio e comportamentos organizacionais.

Para Eckerson (2009), quando se trata do número de KPIs a serem implantados, na maioria dos processos de gerenciamento de desempenho, os profissionais dizem que menos é mais. O argumento comum é que a maioria das pessoas só consegue se concentrar em um máximo de cinco a sete itens de uma só vez; portanto, devemos limitar o número de KPIs a esse intervalo. Schrage e Kiron (2018) consideram que não há um número correto de KPIs. Em uma quantidade excessiva, pode-se tornar difícil gerenciar e acompanhar todos simultaneamente com a atenção necessária. Por outro lado, poucos KPIs podem resultar na negligência de aspectos cruciais do negócio. Para facilitar a identificação de KPIs eficazes, Eckerson (2012) desenvolveu um conjunto de 12 características para KPIs:

1. Alinhado: um KPI deve estar alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não devem prejudicar outro involuntariamente pois a tentativa de impulsionar um, pode minar outro;
2. Propriedade: todo KPI precisa de um proprietário que seja responsável por seu resultado. Normalmente, um KPI tem um proprietário de empresa e um proprietário de dados. O proprietário da empresa é responsável pelo significado e valor do KPI. O proprietário dos dados é responsável por atualizar as informações do KPI;
3. Preditivo: os KPIs precisam ser testados para garantir que os responsáveis não consigam “manipular” o sistema ou contorná-los por preguiça ou ganância. Uma forma de evitar esse problema é, em primeiro lugar, incluir os funcionários na definição dos KPIs e metas. Eles conhecem melhor do que ninguém as nuances envolvidas nos

processos e as possíveis lacunas que podem levar os usuários a manipular o sistema;

4. Acionável: os usuários devem saber como afetar os resultados intervindo com ações corretivas quando necessário, através do monitoramento de KPIs que tenham impacto na empresa e não devem apenas ser fáceis de entender;
5. Preciso: é fundamental criar KPIs sem excesso e que possibilitem a análise com precisão de uma atividade. Parte desse problema decorre dos dados que não são confiáveis, pois podem não trazer exatidão a realidade. Dados de sistemas de baixa qualidade criam métricas de desempenho ruins nas quais os usuários não confiarão;
6. Simples: os KPIs devem ser diretos e compreensíveis sem conter indicadores complexos e de difícil identificação pelos usuários. Os gestores podem não saber como influenciar diretamente um KPI se este se basear num índice muito complexo, pois se os usuários não entenderem o significado de um KPI, eles não poderão influenciar seu resultado;
7. Oportuno: os KPIs devem ter suas informações atualizadas com frequência suficiente para que o responsável pela análise possa intervir para melhorar o desempenho antes que seja tarde demais. A análise de um KPI deve desencadear uma reação em cadeia de mudanças positivas na organização;
8. Equilibrado: as organizações devem medir o desempenho em múltiplas dimensões de um negócio, pois os KPIs consistem em métricas financeiras e não financeiras. Os KPIs devem equilibrar-se e reforçar-se mutuamente. Cada um dos KPIs terá conexão lógica com os demais ao invés de existir sozinho;
9. Padronizado: os KPIs são baseados em definições, regras e cálculos padronizados para que possam ser integrados aos *dashboards* de toda a organização e os responsáveis concordam com as definições;
10. Correlacionado: muitas organizações criam KPIs, mas nunca os avaliam posteriormente se eles se correlacionam gerando os resultados desejados. É importante correlacionar KPIs continuamente porque seu impacto muda ao longo do tempo à medida que o cenário interno,

econômico e competitivo muda. As empresas devem atualizar continuamente as métricas de desempenho vinculadas aos proprietários para garantir que geram os resultados desejados;

11. Estratégico: pode-se representar a estratégia com alguns KPIs, porém é necessário KPIs para monitorar processos através de dados com base na função, nível e tarefa, representando um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo. A estratégia busca mudança, enquanto o processo busca estabilidade;
12. Relevante: os KPIs perdem gradualmente o seu impacto ao longo do tempo, por isso devem ser periodicamente revistos, atualizados ou descartados.

Para Shen (2013) as 12 características de KPIs que Eckerson (2012) definiu cobrem todas as boas características que os KPIs deveriam ter para serem capazes de monitorar o desempenho de forma eficaz. Para Marr (2012) criar KPIs eficazes e definir metas claras, facilita a organização a manter o foco e direcionar seus negócios na direção certa. Para isso, deve-se seguir os seguintes passos:

1. Criar uma estratégia e estabelecer ou rever a missão da empresa bem como a sua visão;
2. Criar um plano simples que englobe os objetivos estratégicos mais importantes;
3. Lembrar que os objetivos da empresa não se limitam apenas a metas financeiras. Considerar também as metas dos clientes, recursos, competidores e metas em risco;
4. Para cada meta, definir o KPI que permitirá a medição e monitoramento de sucesso;
5. Definir claramente, para cada KPI, como o sucesso se parece;
6. Criar um plano que mostra como as metas serão atingidas;
7. Monitorar regularmente os KPIs em relação às metas;
8. Revisar e ajustar os objetivos, KPIs e metas em períodos regulares ou quando houver uma alteração importante no negócio;
9. Celebrar o sucesso ao atingir as metas e objetivos.

Os KPI são indicadores cruciais para o desenvolvimento dos processos de tomada de decisão por parte das empresas e a tomada de decisão é uma atividade de extrema importância que afeta todos os processos de gestão e o resultado das organizações. Para Primak (2008) diversos estudos comentam sobre a importância do uso da Inteligência de Negócios no apoio aos processos de tomada de decisão, como fator decisivo para as empresas se manterem competitivas em contextos de rápidas mudanças.

2.3 INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS

Para Angeloni e Reis (2006), conceitualmente Inteligência de Negócios ou *Business Intelligence* (BI), é um conjunto de metodologias com uso de ferramentas para conseguir ganhos na tomada de decisão, reunindo todas as informações em uma só ferramenta para aumentar a capacidade analítica da gestão de processos. Uma das principais atividades recorrentes, talvez a mais constante da vida, é a tomada de decisões. Os resultados de algumas decisões são de responsabilidade do decisor enquanto outras carregam em si o futuro dos outros ou da organização (NURA; OSMAN, 2012).

A tomada de decisão para o futuro depende da antecipação dos problemas e necessidades de mudança que está se tornando cada vez mais difícil. Isso gera ansiedade quando é necessário adequar decisões de curto prazo a objetivos de longo prazo ou quando ocorrem eventos raros ou isolados. Os tomadores de decisão têm boas razões para sentir uma confiança cada vez menor em sua capacidade de antecipar corretamente futuros cenários (MARCHAU *et al.*, 2019).

A tomada de decisão ideal e a gestão de decisão como um conceito mais geral são de extrema importância para a obtenção de resultados estratégicos e operacionais. Portanto, as decisões precisam ser modeladas, medidas, analisadas, monitoradas para acompanhar seu desempenho e, se necessário, serem redesenhadas. A tomada de decisão é o procedimento de reduzir a lacuna entre a situação existente e a situação desejada através da resolução de problemas e aproveitamento de oportunidades (ESTRADA-TORRES, *et al.*, 2018; NURA; OSMAN, 2012). A relação entre decisões e medição de desempenho pode ser vista sob três perspectivas diferentes (ESTRADA-TORRES, *et al.*, 2018):

1. O impacto das decisões no desempenho dos processos: as decisões são uma parte fundamental dos processos de negócios e, como tal, podem ter um impacto em seu desempenho;
2. A medição do desempenho das decisões: ajuda a identificar o progresso feito em direção aos seus objetivos, a qualidade e a velocidade das decisões e como podem influenciar o sucesso;
3. A utilização de indicadores de desempenho na definição das decisões: incluir informações fornecidas por medidas ou indicadores relacionados ao desempenho dos processos.

De acordo com a Microsoft (2023) é importante que o monitoramento das informações mais relevantes de uma empresa tais como, produto, unidade de negócios, campanha de marketing, e assim por diante, sejam realizadas através de uma ferramenta intuitiva e veloz para a tomada de decisão, como o uso do ambiente *Dashboard* ou Painel de Monitoramento de Desempenho.

Para Eckerson (2012) um *dashboard* fica na intersecção de duas disciplinas: inteligência de negócios e gestão de desempenho. É um sistema de entrega de informações em camadas que distribui as informações aos usuários sob demanda para que eles possam medir, monitorar e gerenciar processos de negócios e atingir objetivos estratégicos. É composto por três tipos de atividades (monitoramento, análise e gerenciamento), três camadas de dados (gráfico, dimensional e transacional) e três tipos de painéis (operacional, tático e estratégico). As três aplicações em graus diferentes cada uma serve um propósito único e nenhuma organização é verdadeiramente eficaz sem os três:

- *Dashboards* operacionais monitoram processos operacionais, eventos e atividades à medida que ocorrem (a cada minuto, hora ou dia);
- *Dashboards* táticos medem e analisam o desempenho das atividades, processos e metas departamentais;
- *Dashboards* estratégicos acompanham o progresso em direção ao alcance dos objetivos estratégicos de cima para baixo (por exemplo, um *Balanced Scorecard*).

Segundo Weggelaar-Jansen *et al.* (2018), o *dashboard* permite que as organizações e tomadores de decisão monitorem KPI's de uma só vez, o que ajuda

a tomar decisões efetivas rapidamente. São instrumentos que permitem a navegação virtual que de forma visual facilita o acesso as informações estratégicas por parte dos gestores de produção, tornando possível alocar recursos e orientar ações para a eliminação de desperdícios, bem como promover a melhoria contínua. A utilização dos *dashboards* como ferramenta de melhoria deve:

- Fornecer conteúdo alinhado com as necessidades dos usuários;
- Ser projetado de tal maneira que o conteúdo seja facilmente compreensível para uma variedade de usuários;
- Oferecer várias funcionalidades que permitem que os usuários possam atualizar informações, personalizando o seu conteúdo;
- Exibir dados de forma oportuna, completa e correta, para que sejam percebidos como válidos e confiáveis pelos usuários.

O Microsoft *Power BI*® é um serviço de análise de dados desenvolvido pela Microsoft lançado em 24 de julho de 2015. Seu objetivo é fornecer visualizações interativas e recursos de BI em uma interface para que os usuários criem relatórios e *dashboards* personalizados (MICROSOFT, 2023). A utilização da ferramenta Microsoft *Power BI*® através dos *dashboards* será utilizada nesta pesquisa como uma fonte de informação *online* para auxiliar o acompanhamento pelos gestores de produção e na tomada de decisão. Os sistemas de BI, ganharam maior importância na última década, pois permite que as empresas armazenem, recuperem e analisem uma grande quantidade de informações sobre suas operações e mercados e tomem decisões estratégicas e táticas eficazes para ganhar vantagem competitiva na respectiva indústria (HOQUE *et al.*, 2015).

Os sistemas de BI têm como propósito, apresentar os dados de forma estruturada aos gestores, para serem utilizados, no apoio à tomada de decisão. A arquitetura de uma infraestrutura de BI inclui a integração destes dados para que aconteça a gestão de conhecimento com diversas ferramentas de análise que possibilitam a extração de informações a partir dos dados recolhidos (SHERMAN, 2015). Segundo Odważny *et al.* (2019), um dos principais recursos de desenvolvimento é o uso de BI na indústria. Essa ferramenta permite reunir e analisar dados coletados de forma complexa em processos operacionais em cada nível da organização. O usuário tem a possibilidade de visualizar a situação de cada recurso a qualquer momento, desde o início da operação.

2.4 MONITORAMENTO DE PROCESSOS

O aumento exponencial da variedade, velocidade e volume de dados nos últimos anos transformou-se em uma oportunidade para o desenvolvimento de sistemas de suporte à tomada de decisão, que podem contribuir com o aperfeiçoamento do controle estratégico nas organizações (KOORNNEEF *et al.*, 2020).

O Monitoramento de Processos (MP) trata do uso dos dados gerados na execução das atividades de um processo, extraindo informações sobre o desempenho real e verificando sua conformidade com normas, políticas ou regulamentos. Algumas técnicas de monitoramento de desempenho permitem detectar se a execução real do processo está desviando em relação à execução planejada de um processo. Outras técnicas ajudam os analistas a entender como e por que o desempenho de um processo varia em diferentes casos ou grupos de casos (DUMAS *et al.*, 2018).

Para Dumas *et al.* (2018) as técnicas de MP podem ser classificadas em duas categorias, entre aquelas que fornecem uma visão do passado de um processo, focada em casos já concluídos, e aquelas que fornecem uma visão instantânea, focada em casos em execução:

- O MP off-line preocupa-se com a análise de execuções de processos históricos. A entrada para MP offline são eventos que cobrem um conjunto de casos concluídos durante um determinado período, por exemplo, um mês, um trimestre ou um ano inteiro;
- O MP on-line preocupa-se com a avaliação do desempenho das instâncias de processo em execução no momento. As técnicas de MP online produzem imagens em tempo real do desempenho dos casos em andamento e podem gerar alarmes ou desencadeiam ações sempre que a gestão detectar que determinados objetivos de desempenho ou regras de conformidade não estão sendo cumpridos.

2.5 PROCESSOS DE USINAGEM POR ELETROEROSÃO

A usinagem por eletroerosão é um processo de usinagem não convencional amplamente utilizado na indústria para processamento de peças com perfis

incomuns e surgiu como o processo de fabricação indispensável para materiais difíceis de cortar, devido à sua capacidade de produzir formas precisas. O processo EDM emprega uma série de descargas elétricas de alta frequência para causar ionização termoelétrica do fluido dielétrico (VALAKI *et al.*, 2016; SULTAN *et al.*, 2014).

EDM é um dos processos de remoção de material com a característica única de usar energia térmica para usinar peças eletricamente condutivas, independentemente da dureza e que proporcionou vantagens na fabricação de moldes, matrizes, componentes automotivos, aeroespaciais e cirúrgicos. Além disso, EDM não faz contato direto entre o eletrodo e a peça de trabalho, eliminando tensões mecânicas e problemas de vibração durante a usinagem (HO; NEWMAN, 2003).

Um processo de EDM possui um destaque único entre os processos de remoção de metal na usinagem de materiais muito duros, superligas, componentes automotivos, peças cirúrgicas e para a fabricação de materiais geometricamente complexos ou duros em materiais que são extremamente difíceis de usinar em processos de usinagem convencionais (HO; NEWMAN, 2003).

A introdução de processos de EDM na usinagem de metais tem sido uma opção de usinagem viável para a produção de peças de alta complexidade, independentemente das propriedades mecânicas do material da peça. Isso se deve à capacidade da EDM de usinar economicamente peças difíceis de serem executadas por processos convencionais de remoção de material. (HO; NEWMAN, 2003).

2.7 TRABALHOS CORRELATOS

Em relação a pesquisas relacionadas a indicadores em processos EDM, Ho e Newman (2003), desenvolveram sua pesquisa relacionada à melhoria das medidas de desempenho do processo de EDM. Eles otimizaram variáveis do processo, monitoram e controlaram o processo de centelhamento, além de desenvolverem medidas de desempenho de usinagem, como remoção de material, desgaste da ferramenta e qualidade da superfície. Para esses autores, essas medidas resultam em maior eficiência de usinagem e constituem o foco da grande maioria dos trabalhos de pesquisa em processos de EDM.

Jawahir *et al.* (2005), descreveram os principais parâmetros para a definição de KPIs com foco na sustentabilidade, de modo que qualquer processo de fabricação seja sustentável. Os parâmetros incluem: o consumo de energia, custos de produção, impacto ambiental, gestão de resíduos, segurança e saúde dos colaboradores. O estudo de caso forneceu uma descrição de como os parâmetros de sustentabilidade podem ser selecionados juntamente com um método para modelar os KPIs de sustentabilidade do produto na usinagem. O estudo de caso foi realizado em um caso de forma genérica aplicável a processos de EDM.

Shen (2013) avaliou os KPIs de uma organização com base nas 12 características dos KPIs eficazes de Eckerson (2012) e seu alinhamento com a visão e estratégias de negócios da organização analisada. A avaliação foi conduzida combinando a definição de KPIs estratégicos, identificando também qual nível de implementação destas características com os KPIs utilizados. A avaliação mostrou que a maioria dos KPIs utilizados pela organização estavam alinhados com os critérios teóricos definidos por Eckerson (2012).

Vallurupalli e Bose (2018) criaram uma estrutura de gestão de desempenho de processos produtivos que permitiu a análise ponta a ponta da implementação de um SMD orientado pela tecnologia em uma organização. O caso fornece lições importantes sobre o planejamento, execução e adoção bem-sucedidos de um SMD baseado em BI, identificando fatores críticos de sucesso, desde o planejamento até a obtenção dos benefícios para a implementação de um sistema similar entre dois campos importantes e relacionados, de medição de desempenho e implementação de BI em uma indústria.

Estrada-Torres *et al.* (2018) identificaram e analisaram a relação entre decisões e medição de desempenho sob três perspectivas: o impacto das decisões no desempenho dos processos, a medição do desempenho das decisões e a utilização de indicadores de desempenho na definição das decisões. Eles introduziram o conceito de Indicador de Desempenho de Decisão (IDP) como sendo uma métrica quantificável que permite avaliar a eficiência e eficácia das decisões e que pode estar relacionado tanto às atividades do processo em que a decisão é tomada, quanto aos elementos de decisão como entradas e resultados, por exemplo).

Utilizando três dimensões de desempenho (tempo, custo e qualidade), discutiram como as relações entre as dimensões podem ser resolvidas usando IDPs.

Além disso, adotaram o Modelo de Decisão e Notação / *Decision Model and Notation* (DMN) que tem como objetivo fornecer construções para modelar decisões e dissociar decisões de modelos de processo. O DMN pode ser aplicado para modelar a tomada de decisão humana, identificar os requisitos para a tomada de decisão automatizada e implementar essas decisões. Para Object Management Group (2016) o objetivo da DMN é evidenciar as decisões e regras de negócios de forma transparente, facilitando o entendimento dos envolvidos.

Küpper *et al.* (2020), implementaram um sistema *online* para analisar a energia e a distribuição de descarga e a potência resultante de um processo EDM. O objetivo do trabalho foi de avaliar o desempenho do processo relacionando a produtividade e a qualidade da superfície com os sinais elétricos. O sistema de monitoramento on-line permitiu a avaliação de sinais correlacionados com a posição do fio enquanto a distribuição de descarga ao longo do comprimento do fio não é considerada. O sistema foi baseado em um conceito de extração de características dos sinais elétricos analisados com outros métodos estatísticos e abordagens para a avaliação do desempenho do processo.

Os trabalhos identificados que focam em aspectos específicos na identificação de KPIs em processo de EDM não são encontrados em abundância na literatura. Desta forma, tem também como propósito teórico preencher a lacuna literária existente e incentivar o desenvolvimento de novas pesquisas científicas sobre o tema, realizando a identificação dos KPIs, através da análise dos indicadores atuais utilizados pela empresa parceira, com a identificação de KPIs na literatura, como também propondo KPIs que atendam a necessidade de um processo de EDM.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as características da pesquisa, classificando-a conforme os aspectos metodológicos abordados. Para Fachin (2006) a metodologia indica os métodos utilizados e o caminho percorrido para o alcance de um resultado.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Nesta etapa são apresentadas as características da pesquisa, a fim de classificá-la conforme os aspectos metodológicos abordados. Uma pesquisa pode ser classificada de acordo com os seguintes critérios: natureza da pesquisa, forma de abordagem, processo de raciocínio, tipo de investigação e instrumentos, conforme apresentados no QUADRO 3:

QUADRO 3 – CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA

CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA
Natureza da Pesquisa
Pesquisa aplicada
Forma de Abordagem
Pesquisa quali-quantitativa
Processo de Raciocínio
Dedução
Tipo de Investigação
Exploratória
Procedimentos Técnicos
1. Pesquisa Bibliográfica
2. Survey Descritiva
3. Pesquisa Participante

FONTE: O autor (2023).

- Do ponto de vista da natureza, a pesquisa é aplicada. Para Gil (2010), a pesquisa aplicada abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem;
- Quanto à forma de abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, pois trata-se de um estudo que consegue combinar as abordagens quantitativas e qualitativas que, juntas, podem fornecer um maior potencial de

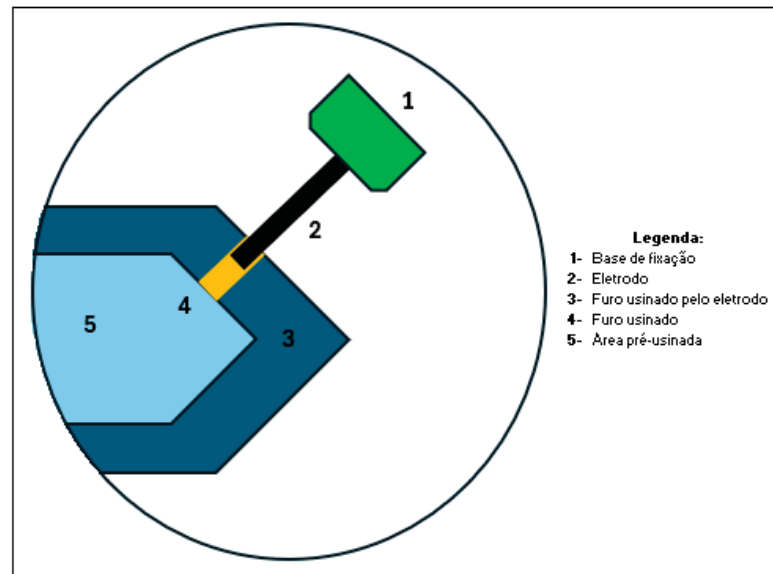
interpretação dos fenômenos, principalmente ao agregar a percepção dos indivíduos no desenho de pesquisa (KIRSCHBAUM, 2013);

- Com relação ao processo de raciocínio, a pesquisa é dedutiva, que é um estudo no qual uma estrutura conceitual e teórica é desenvolvida e, depois, testada, pois parte de uma ou mais certezas para a interpretação de dados ou fatos, visando testar a validade de informações já existentes (COLLIS; HUSSEY, 2005);
- Quanto ao tipo de investigação, a pesquisa é classificada como uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória possibilita maior familiaridade com o problema, objetivando tornar os resultados mais explícitos ou construir hipóteses, com o aprimoramento ou descoberta de novos conceitos.
- Quanto aos procedimentos:
 1. Para a execução da Revisão de Literatura foi utilizada a Pesquisa Bibliográfica, que, para Gil (2010) é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos;
 2. Foi realizado um questionário, pois, segundo Gil (2010), a elaboração de um questionário consiste basicamente em traduzir os objetivos específicos da pesquisa e constitui o meio mais rápido e barato de obtenção de informações, além de não exigir treinamento de pessoal e garantir o anonimato;
 3. A pesquisa participante será aplicada neste estudo, pois segundo Gil (2010) os participantes e os pesquisadores precisam interagir para que possam atuar dentro de situações para investigar determinados aspectos.

3.2 O PROCESSO DE EDM

A empresa estudada é uma filial de uma indústria multinacional no setor automobilístico, que produzem um dos componentes integrantes de um dos sistemas de injeção destinados aos motores diesel comercializados pela empresa. O foco da análise recai sobre o processo de EDM. O método de usinagem EDM foi escolhido pela empresa, devido suas características mecânicas particulares. A FIGURA 4 ilustra a dinâmica da usinagem desse tipo de máquina de EDM.

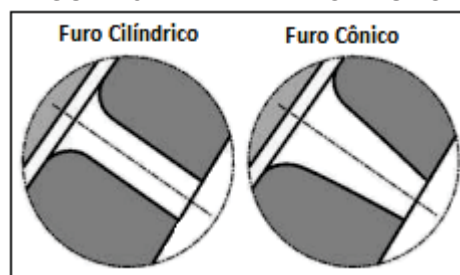
FIGURA 4 – DETALHE DA USINAGEM POR EDM



FONTE: O autor (2023).

Na FIGURA 4, o eletrodo (2) é fixado na base (1) e quando está próximo a peça (3) o processo de eletroerosão é iniciado, usinado o metal sem que o eletrodo encoste na peça até realizar a perfuração completamente atingindo a região pré-usinada no processo de usinagem anterior (5). O mecanismo de remoção de material é realizado por séries de descargas recorrentes entre a peça e o eletrodo na presença de um meio dielétrico entre eles (XU *et al.*, 2011). Neste processo, é realizada a usinagem dos furos, os quais podem adotar formatos cilíndricos ou cônicos, conforme apresentado na FIGURA 5.

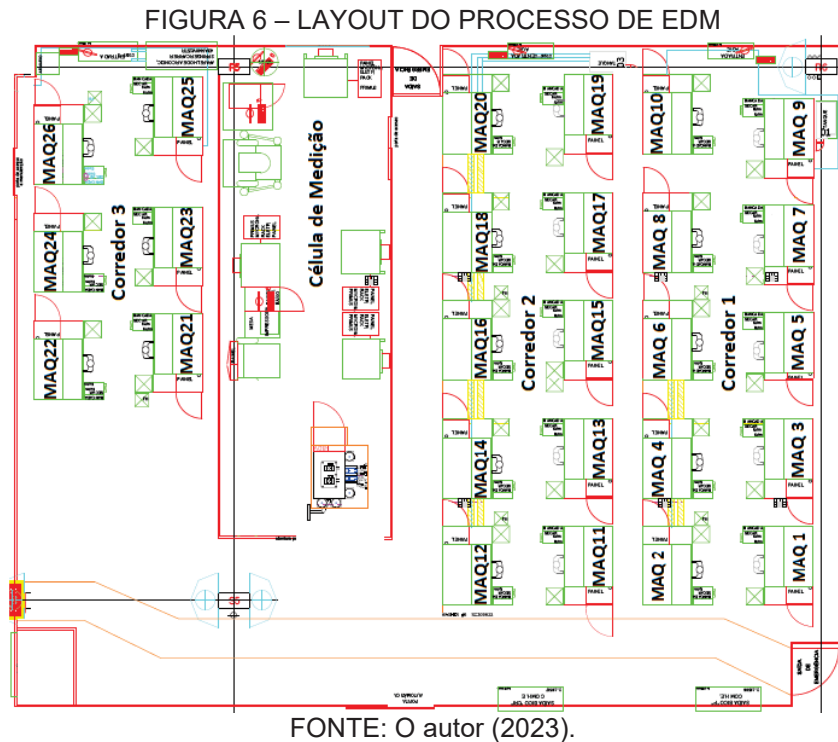
FIGURA 5 – DETALHE DOS FUROS



FONTE: Adaptado de BAUMGARTEN (2006).

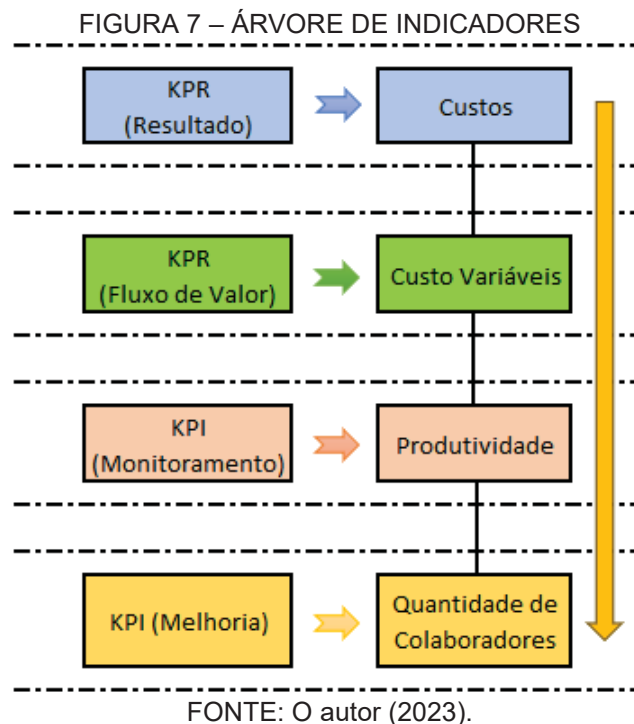
A função desses furos é permitir a passagem do combustível que é posteriormente injetado em forma de *spray* em uma câmara de combustão localizada dentro dos motores. É importante ressaltar que a passagem do fluido pelos furos requer cuidados específicos devido a possibilidade de gerar turbulência devido a variação no diâmetro, rugosidades ou presença de rebarbas. Tais

irregularidades podem ocasionar a emissão de resíduos particulados no meio ambiente, podendo não estar em conformidade as leis ambientais (BAUMGARTEN, 2006). A disposição física das máquinas está representada no *layout* da FIGURA 6.



O processo consiste em uma célula de medição e 26 Máquinas de Eletroerosão (MAE) distribuídas em 3 corredores e cada MAE é composta por 4 cabeçotes, ou seja, são usinadas 4 peças simultaneamente em cada máquina. O produto ao final de cada linha de produção é utilizado em motores diesel. O motor diesel é um tipo de motor de combustão interna que transforma energia térmica, resultante da oxidação de um óleo inflamável, em movimento linear de um pistão. (BASSHUYSEN; SCHÄFER, 2016).

A estrutura hierárquica no chão de fábrica é composta pelos operadores, ajustadores e líder. Os operadores que executam funções básicas como abastecimento, desabastecimento, preenchimento de documentações, medições, setups, troca de ferramentas e dispositivos. Os ajustadores realizam intervenções técnicas para melhoria da qualidade e performance. O líder faz a gestão dos colaboradores do processo, dos KPIs e a comunicação da situação do processo para a gestão. A FIGURA 7 ilustra a relação entre alguns indicadores e o desdobramento do nível estratégico e gerencial até o operacional.

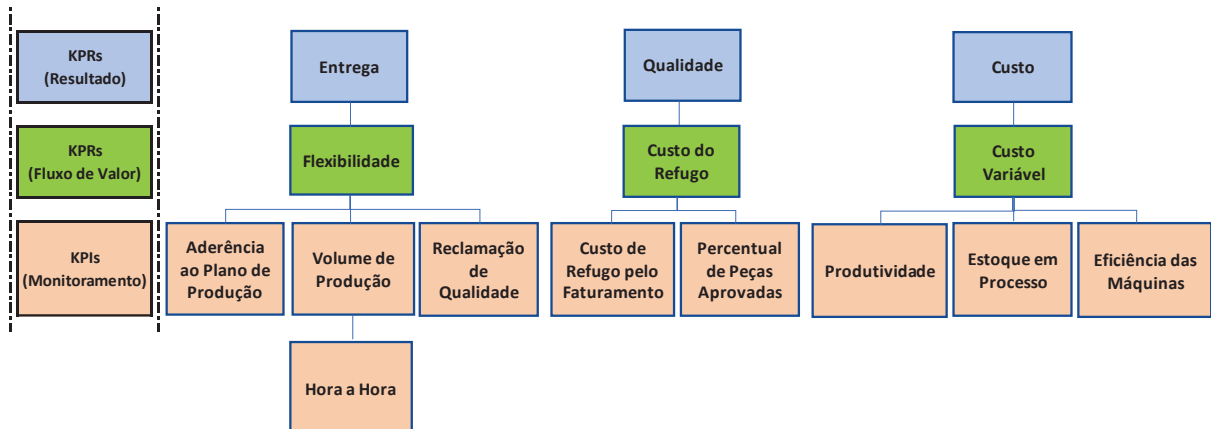


No nível estratégico, a organização faz uso dos indicadores-chave de resultados (KPRs) que englobam três aspectos fundamentais: qualidade, custo e entrega. Esses indicadores foram definidos no desdobramento dos objetivos estratégicos da organização, representando a exigência do indicador em um fluxo de valor, sem fornecer uma direta indicação de melhoria. Os KPRs constituem o mais alto nível do indicador em um fluxo de valor.

O desdobramento dos indicadores ocorre em quatro níveis, nos quais o processo de melhoria deve atuar e seus indicadores correspondentes são apresentados, na chamada árvore de indicadores, que abrange os KPRs de resultado até os KPIs de melhoria.

A árvore de KPIs tem a função de desdobrar o indicador até o nível da cadeia de agregação de valor onde o indicador, deve ser monitorado e correções aos desvios que podem ocorrer ou até a identificação de oportunidades de melhoria são planejadas e posteriormente executadas, proporcionando desta forma o atendimento do resultado estratégico planejado pela organização. Cada nível da Árvore de Indicadores do Processo de EDM está alinhado com estratégia do produto que é fornecido ao final de todos os processos. Na FIGURA 8 é apresentada a árvore de indicadores utilizados pelo processo de EDM.

FIGURA 8 - ÁRVORE DE INDICADORES DO PROCESSO EDM



FONTE: O autor (2023).

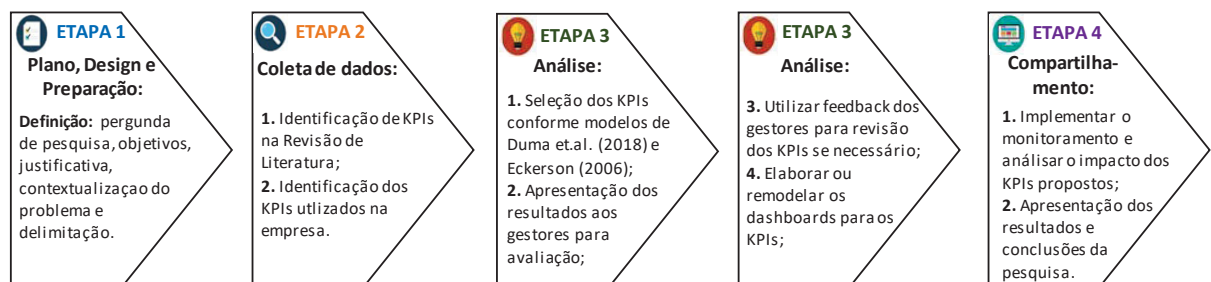
Os KPIs de monitoramento, são analisados pelos gestores do processo de EDM e são vinculados com seus respectivos KPR do Fluxo de Valor e KPR de resultado.

3.3 ETAPAS METODOLÓGICAS

Na pesquisa científica, é necessária a utilização de um método com a elaboração de um protocolo que divide as etapas da pesquisa para a aplicação prática de um conjunto de procedimentos, utilizados por um pesquisador, no desenvolvimento de um experimento, a fim de produzir um novo conhecimento e integrá-lo ao conhecimento pré-existente (KÖCHE, 1997).

A FIGURA 9 representa cada uma das quatro etapas, aplicadas na pesquisa participante deste trabalho.

FIGURA 9 – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA



FONTE: O autor (2023).

Para ordenar as etapas da pesquisa de maneira lógica e racional, o pesquisador deve conhecê-las para aplicá-las de forma adequada. Além disso, é preciso que o pesquisador determine o método utilizado para chegar aos resultados, a fim de esclarecer o processo utilizado (GIL, 2010).

A primeira etapa se refere ao planejamento, *design* e preparação, a fim de identificar o problema a ser analisado e desenvolvido durante a pesquisa. Para o design e preparação ocorreram: a definição da pergunta de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa, a contextualização do problema e as de limitações. Esta etapa é apresentada no capítulo 1 desta pesquisa.

Para a próxima etapa, a implementação da conectividade dos equipamentos e a rede de dados da empresa com o processo produtivo, foi instalada e dentro deste estudo mostrou-se importante para facilitar a coleta e confiabilidade dos dados, evitando informações incorretas e oportunizando maior rapidez na visualização das informações.

A etapa 2, referente a coleta de dados, é composta pela identificação dos KPIs propostos na literatura e na identificação dos KPIs utilizados na empresa estudada. Os KPIs identificados na revisão de literatura estão relacionados a temas como: medição de desempenho, modelo de verificação de eficácia dos KPIs, características, definições e tipos de KPIs, bem como a inteligência de negócios e a relação entre estes temas na tomada de decisão e como pode ser realizado o monitoramento e análise dos KPIs.

Para a seleção dos KPIs foi realizado a leitura dos resumos artigos e publicações inicialmente encontradas após a busca utilizando as palavras-chave nas bases de busca acadêmica. Foram utilizados nos mecanismos de busca as *strings* com os operadores booleanos “AND” e “OR” em livros e artigos publicados online entre 2000 e 2024. Os estudos mais significativos para este trabalho, foram escolhidos após revisão de seus títulos, palavras-chave e resumos. Na análise da literatura não foram encontrados exemplos de identificações de KPIs em processos de EDM, o que demonstrou um gap sobre este tema. Devido a esta situação, foram analisados outros autores que tratavam da definição e identificação de KPIs que não eram específicos para um processo de EDM.

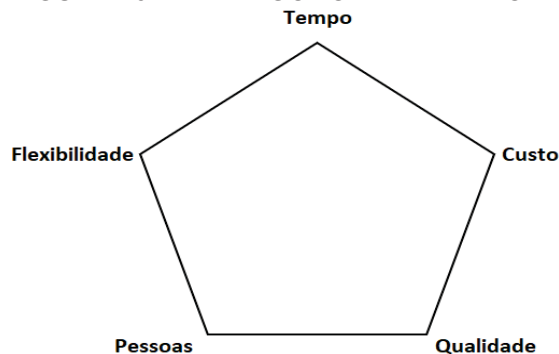
Nesta etapa foi possível obter uma relação dos KPIs, eliminando aqueles em duplicidade tanto com relação a Revisão da Literatura como também os KPIs identificados na empresa. A eliminação dos KPIs foi realizada por meio da análise

das descrições dos KPIs, conforme definido pelos autores ou pela empresa que foi aplicado o estudo.

A Etapa 3, de análise, refere-se à seleção dos KPIs conforme os conceitos de Dumas *et al.* (2018) e Eckerson (2012), apresentação dos resultados aos gestores da empresa, revisão dos KPIs de acordo com o feedback dos gestores e desenvolvimento dos *dashboards* para visualização dos KPIs selecionados. Para a definição dos KPIs, foi considerado inicialmente o conceito das quatro dimensões identificadas por Dumas *et al.* (2018): tempo, custo, qualidade e flexibilidade. Para Ahmad *et al.* (2018), a utilização das dimensões do Quadrilátero do Diabo para classificar o desempenho do processo avaliando o impacto das ações de melhoria representa uma estrutura ideal para a análise de desempenho de um processo.

Desta forma, este foi o primeiro critério para a identificação da metodologia na identificação dos KPIs que serão utilizados na empresa analisada, porém, uma quinta dimensão foi incluída, a de pessoas, pois de acordo com Tripathi e Ranjan (2013), ela abrange todas as causas relacionadas ao ser humano na performance das organizações. Os desafios que surgiram nas duas últimas décadas do século XX impuseram às organizações revisões em suas práticas administrativas e impulsionaram a criação de novos modelos de gestão de pessoas, com destaque para o modelo de competências e desempenho individuais e coletivo. As competências podem ser previstas e estruturadas de modo a estabelecer um conjunto ideal de qualificações para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho. Com a inclusão da dimensão de pessoas, cada uma das cinco dimensões de desempenho para o processo de EDM analisado, foi considerado o Pentágono de Dimensões conforme FIGURA 10.

FIGURA 10 – PENTÁGONO DE DIMENSÕES



FONTE: O autor (2023).

A partir da lista de KPIs pré-selecionados é importante analisar a sua relevância para a empresa estudada. Assim, o próximo passo refere-se ao desenvolvimento do questionário para a avaliação com relação as 5 dimensões, a fim de identificar se o KPI pré-selecionado está relacionado a alguma destas dimensões, conforme as definições de Ahmad *et al.* (2018), Dumas *et al.* (2018) e Gottmann (2016). Assim, foi elaborado o questionário das 5 dimensões, conforme o QUADRO 4.

QUADRO 4 – QUESTIONÁRIO DAS 5 DIMENSÕES

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	

FONTE: O autor (2024).

No segundo critério, os KPIs selecionados na primeira etapa, foram avaliados em conjunto com os gestores do processo de EDM, de acordo com as 12 características do modelo criado por Eckerson (2012). Estas características se referem aos critérios para a identificação de KPIs eficazes e, foram citados tanto na literatura acadêmica, quanto em relatórios práticos de negócios. Assim, a natureza holística das 12 características torna-se um guia na busca de KPIs mais eficazes possíveis (KERZNER, 2014).

Para a avaliação dos KPIS pré-selecionados na primeira fase, ou seja, os KPIs que se enquadraram em uma ou mais dimensões do Pentágono das Dimensões foi elaborado um segundo questionário, conforme QUADRO 5. Para

cada uma das 12 características, uma pergunta foi desenvolvida. Assim, cada KPI pré-selecionado foi avaliado em relação as 12 características, de acordo com sua aplicação (QUADRO 5).

QUADRO 5 – QUESTIONÁRIO DAS 12 CARACTERÍSTICAS

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	

FONTE: O autor (2024).

Antes da aplicação dos questionários em cada uma das 5 dimensões e das 12 características para os KPIs, foi analisada a viabilidade orçamentaria de implementação de cada KPI. A viabilidade orçamentária está relacionada ao custo de implementação utilizando a conectividade instalada, como também a capacidade das MAEs de coletar e transmitir na rede interna os dados necessários para o monitoramento.

A dinâmica utilizada nestas análises foi baseada no método 5W2H. A ferramenta 5W2H é um checklist de extrema utilidade para garantir que todos os aspectos de um projeto ou tarefa sejam analisados meticulosamente. É composta de sete perguntas: O que será feito? (*what*); por que será feito? (*why*); onde será feito? (*where*); quando será feito? (*when*); por quem será feito? (*who*); como será feito?

(*how*); quanto custará? (*how much*) (SEBRAE, 2024). A pergunta *how much* foi determinante para definir os KPIs que não se enquadravam na validação devido o custo e consequentemente foram eliminados.

Com a utilização dos questionários das 5 dimensões e das 12 características, cada KPI foi avaliado em conjunto com os 5 gestores e com os 2 responsáveis técnicos (ajustadores) do processo de EDM, ou seja, eles responderam cada pergunta de cada questionário para a seleção dos KPIs selecionados.

Na aplicação do questionário das 12 características, foi atribuída a nota 0 para quando não existe similaridade com uma das características e nota 1 para quando existe similaridade. Após a atribuição das notas, foi realizada a somatória de cada KPI com relação às 12 perguntas do questionário das características. As notas deste questionário poderiam variar de, no mínimo 0, quando o KPI não atende a nenhuma característica, até no máximo 12, quando o KPI atente a todas as características.

Assim, como parâmetro de seleção, foi considerado aptos os KPIs que tenham pontuação mínima de 11 pontos. A pontuação de 11 pontos, foi definida com o time de gestão, após verificar que se fossem definidos apenas os KPIs que conseguissem nota 12, seriam excluídos KPIs representativos para a análise da performance do processo. No entanto, uma pontuação menor que 11, permitia a seleção de KPIs com baixa eficácia. Após a aplicação dos 2 questionários, o resultado de cada KPI foi apresentado aos participantes. Foi verificada a existência de sugestões de novos KPIs, para que fossem analisados utilizando os questionários das 5 dimensões e das 12 características. Ao final desta etapa, com todos os KPIs selecionados, foi realizada a elaboração dos *dashboards* para o monitoramento do processo.

A etapa 4 refere-se à implementação do monitoramento e conclusão com a análise do impacto dos KPIs propostos na performance do processo e no auxílio da tomada de decisão dos gestores do processo de EDM. Nesta etapa foi aplicado um questionário aos gestores e ajustadores para avaliar o processo de seleção de indicadores. Estes gestores e ajustadores trabalham no processo EDM em um período compreendido entre 10 e 20 anos e, foram convidados a responder a pesquisa por meio de um formulário elaborado utilizando a plataforma Google Forms.

O questionário foi estruturado, com 5 respostas em escala Likert, com a solicitação de que a participante respondesse de acordo com a graduação que julgasse indicada: concordo plenamente, concordo, indeciso, discordo e discordo plenamente. Pesquisas em escala Likert são frequentemente usadas em linguística aplicada para fazer afirmações de pesquisa. Os itens da pesquisa consistem em um radical e várias opções de resposta. Os entrevistados escolhem uma das opções de resposta que melhor descreve suas atitudes, crenças e experiências (DÖRNYEI; TAGUCHI, 2009).

Também foi feita uma sexta pergunta, a fim de identificar o cargo do participante. Esta pergunta tinha 2 opções de resposta: gestor ou ajustador. A última pergunta, teve como objetivo obter sugestões de outro(s) KPI(s) que não foram tratados na elaboração final dos KPIs selecionados.

4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento das etapas apresentadas no capítulo anterior referentes a identificação dos indicadores para o processo de EDM de uma indústria metal mecânica.

4.1 ETAPA 1

Nesta etapa foram desenvolvidos o planejamento, *design* e preparação, os quais foram descritas no capítulo 1. Ainda nesta etapa, foi realizada a instalação da estrutura necessária para realizar a conectividade entre os equipamentos e a rede Intranet na empresa, pois os dados eram digitados no turno seguinte e até mesmo no dia seguinte, prejudicando a rapidez das análises e correções dos desvios.

Para conectar as máquinas que já possuíam *hardware* e *software* que possibilitavam a conexão sem investimento na estrutura das máquinas, foi realizado a instalação de cabos de rede individualmente e foi criada uma rede específica, com acesso limitado, para impedir a conexão direta às máquinas, e assim, evitar o risco de ocorrer a proliferação de algum tipo de vírus na rede interna criada para o processo de EDM.

4.2 ETAPA 2

Nesta etapa de coleta de dados, foram identificados na revisão da literatura uma relação de KPIs relevantes para um processo de usinagem por EDM. O QUADRO 6 apresenta os 36 KPIs relevantes para um processo, bem como sua descrição e autor.

No QUADRO 6, a coluna do nome do KPI apresenta a definição dos autores. Para a coluna da descrição foi detalhado um resumo da aplicação e definições de forma direta ou resumida tendo como base as publicações dos autores.

Para complementar a relação de KPIs analisados, foi necessário identificar os KPIs utilizados na empresa, analisando as informações da empresa, que demonstraram o estado atual da performance do processo de EDM.

Foram analisadas duas planilhas eletrônicas denominadas: Metas do Processo e Performance dos Equipamentos.

QUADRO 6 – KPIS IDENTIFICADOS NA REVISÃO DA LITERATURA

Nº	KPI	Descrição	Autor
1	Taxa de Desgaste da Ferramenta	Material gasto de um eletrodo para usinar uma peça.	Ho e Newman (2003)
2	Consumo de Energia	Energia elétrica consumida.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
3	Custos de Produção	Custos de fabricação envolvidos e durante o tempo de operação de fabricação, incluindo o custo de ferramentas.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
4	Custos de Prevenção de Qualidade	Custos despendidos num esforço para evitar produtos defeituosos.	Neely <i>et al.</i> (2005)
5	Custos de Avaliação de Qualidade	Custos na avaliação da qualidade do produto e na detecção de produtos defeituosos.	Neely <i>et al.</i> (2005)
6	Custos de Falhas Internas	Custos resultantes de produtos defeituosos encontradas antes da entrega do produto ao cliente, como custos de retrabalho, sucata e revisão.	Neely <i>et al.</i> (2005)
7	Custos de Falhas Externas	Custos resultantes de produtos defeituosos encontradas após a entrega do produto ao cliente, tais como os custos associados a reclamações de clientes, serviços de campo e garantias.	Neely <i>et al.</i> (2005)
8	Custo de Fabricação	Os custos podem ser mensurados de maneira objetiva, como mão-de-obra direta, matérias-primas e insumos utilizados e indiretos como design de produto, controle de qualidade, atendimento ao cliente, planejamento de produção e processamento de pedidos de vendas.	Neely <i>et al.</i> (2005)
9	Produtividade	A produtividade é uma medida de quão bem os recursos humanos são utilizados para alcançar resultados dos processos.	Neely <i>et al.</i> (2005)
10	Custo Operacional	Está diretamente relacionado às saídas de um processo de negócios como o custo da mão-de-obra para a produção de um bem ou na prestação de um serviço.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
11	Flexibilidade de Tipos de Produtos	A relação entre o número de tipos de produtos processados pelo equipamento e o número total processado pelo processo.	Neely <i>et al.</i> (2005)
12	Flexibilidade de Substituições	Número de substituições (<i>set ups</i>) de componentes feitas durante um determinado período.	Neely <i>et al.</i> (2005)
13	Flexibilidade de Volume	Pode ser medida através das flutuações médias de volume durante um determinado período, divididas pelo limite de capacidade.	Neely <i>et al.</i> (2005)
14	Flexibilidade do Tempo de Execução	Capacidade de lidar com mudanças e variações durante a execução de um processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
15	Impacto Ambiental	Emissões de fluidos de usinagem de metais, poeira metálica e uso de materiais tóxicos, combustíveis ou explosivos, contribuem para isso.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
16	Segurança Operacional	Quantidade de interação humana insegura durante uma operação de fabricação e o <i>design</i> ergonômico da interface humana.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
17	Saúde Pessoal	Impacto na saúde dos colaboradores com o processo de usinagem.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
18	Qualidade Superficial	A espessura da camada branca formada na superfície da peça.	Ho e Newman (2003)
19	Radiofrequência	Para controlar a usinagem em EDM para detecta qualquer queda na intensidade da descarga.	Ho e Newman (2003)
20	Rugosidade da Superfície	A qualidade da superfície usinada deve ser considerada para a avaliação do desempenho do processo.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
21	Influência da Potência na Taxa de Corte	São analisados os efeitos da potência gerada na taxa de corte e o impacto na peça.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
22	Influência da frequência efetiva de pulso e dos tipos de descarga na energia gerada	Examinar a influência das proporções dos diferentes tipos de descarga e da frequência efetiva de pulso e na taxa de corte e na superfície.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
23	Qualidade Interna	Está relacionada com o ponto de vista dos participantes do processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
24	Qualidade Externa	Pode ser medida como a satisfação do cliente com o produto ou com o processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
25	Taxa de Remoção de Material	Tempo necessário para usinar uma peça.	Ho e Newman (2003)
26	Parâmetros de Pulso	Controle do tempo real de um pulso.	Ho e Newman (2003)
27	Domínio do Tempo	Relação de tempo do arco transitório medida pelo tempo de pulso ligado.	Ho e Newman (2003)
28	Tempo de Fabricação	Tempo utilizado para a fabricação de um produto desde o início com a entrada da matéria prima até o produto final.	Neely <i>et al.</i> (2005)
29	Tempo de Entrega	Tempo utilizado para a entrega de um produto ao cliente.	Neely <i>et al.</i> (2005)
30	Frequência de Entrega	Intervalo de tempo em que os produtos são entregues ao cliente.	Neely <i>et al.</i> (2005)
31	Tempo de Ciclo	Tempo necessário para finalizar um produto do início ao fim.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
32	Tempo de Execução	Capacidade de cumprir os tempos de ciclo acordados com o cliente.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
33	Tempo de Processamento	Tempo que os recursos gastam no tratamento efetivo do produto.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
34	Tempo de Espera	Tempo que um produto permanece em modo inativo. O tempo de espera inclui o tempo de fila e outros tempos de espera, por exemplo, porque a sincronização deve ocorrer com outro processo ou porque se espera a entrada de um cliente ou de outro ator externo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
35	Qualidade do Processo Externo	Tempo médio do ciclo ou a percentagem de casos em que os prazos são perdidos.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
36	Eficiência do Tempo de Ciclo	Relação entre o tempo total de processamento em relação ao tempo total de ciclo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)

FONTE: O autor (2024).

As planilhas foram desenvolvidas através do software Microsoft Excel® para análise e tomada de decisão. As duas planilhas eletrônicas de Excel são alimentadas diariamente pelos gestores e/ou apontadores de produção, que digitam as informações uma vez por dia ou ao final de cada um dos três turnos de trabalho. No QUADRO 7 são apresentados 11 KPIs relacionados pelos gestores do processo utilizados no processo de EDM na empresa.

Diariamente, ocorre um encontro com toda a gestão do processo para verificar a performance, através da análise destes KPIs na planilha de Excel. Em cada aba existe um KPI que é projetado em um televisor para que se necessário decisões sejam feitas para a correção ou melhoria destes indicadores.

QUADRO 7 – KPIs UTILIZADOS NO PROCESSO DE EDM

Nº	KPI	Descrição
1	Aderência ao Plano de Produção	Quantidade de tipos de produtos diferentes, com relação a quantidade total planejada.
2	Competências dos Colaboradores	Identificar as habilidades dos colaboradores dentro dos processos da empresa e sobre as operações nos processos.
3	Custo de Ferramentas	Análise dos custos com ferramentas e insumos, relacionando com o faturamento.
4	Custo de Refugo pelo Faturamento	É o custo agregado de cada etapa do processo produtivo incorporado em cada peça pelo faturamento do tipo descartado.
5	Eficiência das Máquinas	OEE é um produto da disponibilidade, performance e qualidade das máquinas.
6	Estoque em Processo	Quantidade total de peças em giro dentro do processo produtivo.
7	Percentual de Peças Aprovadas	Quantidade de peças produzidas pela quantidade de peças que entraram para serem usinadas no processo em um dia.
8	Produtividade Direta	Quantidade de horas do tempo de ciclo total, dividindo pela quantidade de horas trabalhadas dos colaboradores diretos.
9	Reclamação de Qualidade Externa	Quantidade de desvio no produto devido qualidade fora do especificado, detectado nos clientes finais da organização.
10	Reclamação de Qualidade Interna	Quantidade de desvio no produto devido qualidade fora do especificado, detectado nos processos produtivos posteriores.
11	Volume de Produção	Quantidade de peças totais planejadas diariamente.

FONTE: O autor (2024).

Os KPIs relacionados no QUADRO 7 são utilizados em todos os processos da empresa e avaliados diariamente pelos gestores destes processos.

Para definição da lista inicial de KPIs como conclusão da etapa 2, foi realizada a comparação entre os KPIs identificados na Revisão da Literatura e os utilizados no processo de EDM, eliminando aqueles em duplicidade de acordo com as descrições dos autores e conforme definição da empresa. Como resultado desta análise, foi elaborado o QUADRO 8, sendo dos 36 KPIs do QUADRO 6, foram reduzidos para 29 KPIs, e do QUADRO 7 dos 11 KPIs, foram reduzidos para 9 KPIs. Restaram após esta etapa 38 KPIs.

QUADRO 8 – KPIS PRÉ-SELECIONADOS

Nº	KPI	Descrição	Autor
1	Taxa de Desgaste da Ferramenta	Material gasto de um eletrodo para usinar uma peça.	Ho e Newman (2003)
2	Consumo de Energia	Energia elétrica consumida.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
3	Custos de Prevenção de Qualidade	Custos despendidos num esforço para evitar produtos defeituosos.	Neely <i>et al.</i> (2005)
4	Custos de Avaliação de Qualidade	Gastos na avaliação da qualidade do produto e na detecção de produtos defeituosos.	Neely <i>et al.</i> (2005)
5	Custos de Falhas Externas	Custos resultantes de produtos defeituosos encontradas após a entrega do produto ao cliente, tais como os custos associados a reclamações de clientes, serviços de campo e garantias.	Neely <i>et al.</i> (2005)
6	Custo de Fabricação	Os custos podem ser mensurados de maneira objetiva, como mão-de-obra direta, matérias-primas e insumos utilizados e indiretos como design de produto, controle de qualidade, atendimento ao cliente, planejamento de produção e processamento de pedidos de vendas.	Neely <i>et al.</i> (2005)
7	Custo Operacional	Está diretamente relacionado às saídas de um processo de negócios como o custo da mão-de-obra para a produção de um bem ou na prestação de um serviço.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
8	Flexibilidade de Tipos de Produtos	A relação entre o número de tipos de produtos processados pelo equipamento e o número total processado pelo processo.	Neely <i>et al.</i> (2005)
9	Flexibilidade de Substituições	Número de substituições (<i>set ups</i>) de componentes feitas durante um determinado período.	Neely <i>et al.</i> (2005)
10	Flexibilidade de Volume	Pode ser medida através das flutuações médias de volume durante um determinado período divididas pelo limite de capacidade.	Neely <i>et al.</i> (2005)
11	Flexibilidade do Tempo de Execução	Capacidade de lidar com mudanças e variações durante a execução de um processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
12	Segurança Operacional	Quantidade de interação humana insegura durante uma operação de fabricação e o <i>design</i> ergonômico da interface humana.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
13	Saúde Pessoal	Impacto na saúde dos colaboradores com o processo de usinagem.	Jawahir <i>et al.</i> (2005)
14	Qualidade superficial	A espessura da camada branca formada na superfície da peça.	Ho e Newman (2003)
15	Radiofrequência	Para controlar a usinagem em EDM para detectar qualquer queda na intensidade da descarga.	Ho e Newman (2003)
16	Rugosidade da Superfície	A qualidade da superfície usinada deve ser considerada para a avaliação do desempenho do processo.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
17	Influência da Potência na Taxa de Corte	São analisados os efeitos da potência gerada na taxa de corte e o impacto na peça.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
18	Influência da frequência efetiva de pulso e dos tipos de descarga na energia gerada	Examinar a influência das proporções dos diferentes tipos de descarga e da frequência efetiva de pulso e na taxa de corte e na superfície.	Küpper <i>et al.</i> (2020)
19	Qualidade Interna	Está relacionada com o ponto de vista dos participantes do processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
20	Qualidade Externa	Pode ser medida como a satisfação do cliente com o produto ou com o processo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
21	Taxa de Remoção de Material	Tempo necessário para usinar uma peça.	Ho e Newman (2003)
22	Parâmetros de pulso	Controle do tempo real de um pulso.	Ho e Newman (2003)
23	Domínio do tempo	Relação de tempo do arco transitório medida pelo tempo de pulso ligado.	Ho e Newman (2003)
24	Frequência de Entrega	Intervalo de tempo em que os produtos são entregues ao cliente.	Neely <i>et al.</i> (2005)
25	Tempo de Ciclo	Tempo necessário para finalizar um produto do início ao fim.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
26	Tempo de Execução	Capacidade de cumprir os tempos de ciclo acordados com o cliente.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
27	Tempo de espera	Tempo que um produto permanece em modo inativo. O tempo de espera inclui o tempo de fila e outros tempos de espera, por exemplo, porque a sincronização deve ocorrer com outro processo ou porque se espera a entrada de um cliente ou de outro ator externo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
28	Qualidade do Processo Externo	Tempo médio do ciclo ou a percentagem de casos em que os prazos são perdidos.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
29	Eficiência do Tempo de Ciclo	Relação entre o tempo total de processamento em relação ao tempo total de ciclo.	Dumas <i>et al.</i> (2018)
30	Aderência ao Plano de Produção	Quantidade de tipos de produtos diferentes, com relação a quantidade total planejada.	KPIS da Empresa
31	Volume de Produção	Quantidade de peças totais planejadas diariamente.	
32	Custo de Refugo pelo Faturamento	É o custo agregado de cada etapa do processo produtivo incorporado em cada peça pelo faturamento do tipo descartado.	
33	Percentual de Peças Aprovadas	Quantidade de peças produzidas pela quantidade de peças que entraram para serem usinadas no processo em um dia.	
34	Produtividade Direta	Quantidade de horas do tempo de ciclo total, dividindo pela quantidade de horas trabalhadas dos colaboradores diretos.	
35	Estoque em Processo	Quantidade total de peças em giro dentro do processo produtivo.	
36	Custo de Ferramentas	Análise dos custos com ferramentas e insumos, relacionando com o faturamento.	
37	Eficiência das Máquinas	OEE é um produto da disponibilidade, performance e qualidade das máquinas.	
38	Competências dos Colaboradores	Identificar as habilidades dos colaboradores dentro dos processos da empresa e sobre as operações nos processos.	

FONTE: O autor (2023).

4.3 ETAPA 3

Nesta etapa ocorreu a seleção dos KPIs adequados aos objetivos estratégicos de um processo de EDM. Além disso, foi avaliada a necessidade e a possibilidade de criar KPIs que possam agregar na análise da performance do processo de EDM e na tomada de decisão pelos gestores.

Para realizar a aplicação dos questionários, em cada uma das 5 dimensões e das 12 características para os KPIs selecionados, foram realizados alguns eventos com a participação do setor de tecnologia de informação e gestores do processo de EDM. O objetivo destes encontros foi avaliar os KPIs de acordo com sua viabilidade técnicas e orçamentária. A avaliação técnica visa verificar se o monitoramento pode ser implementado. A avaliação orçamentária visa avaliar o custo para implementar o KPI, utilizando a conectividade instalada, como também a capacidade das MAEs de coletar e transmitir na rede interna os dados necessários para o seu monitoramento. Nestas avaliações foi concluído que:

- 9 KPIs representariam alto investimento na instalação de *hardware* nas MAEs ou no desenvolvimento de *softwares*, os quais representariam custos relevantes e inapropriados para a empresa, conforme avaliado utilizando a técnica 5W2H;
- 7 KPIs poderiam ser incorporadas no *dashboard* de outro KPI;
- 1 KPI seria de responsabilidade do processo anterior ao de EDM.

Os KPIs também foram avaliados com relação a incorporação das informações em outros KPIs, pois alguns possuem interrelação entre eles. Assim, a análise conjunta traria uma visão mais ampla da situação em que cada KPI está inserido, dando assim mais subsídios para a tomada de decisão dos gestores. Desta forma, os KPIs pré-selecionados foram reduzidos para 21 KPIs. O resultado desta análise é apresentado no QUADRO 9.

Os KPIs destacados em vermelho foram os eliminados por questões orçamentárias, incorporados em outro *dashboard*. Um deles foi eliminado por ser de responsabilidade de outro processo. Para os 21 KPIs pré-selecionados do QUADRO 9, foram aplicados para cada KPI os dois questionários. Primeiro, o questionário das 5 dimensões e, em seguida, o questionário das 12 características, com a participação dos líderes e ajustadores do processo EDM.

QUADRO 9 – APLICABILIDADE DOS KPIS.

Nº	KPI	Aplicável
1	Taxa de Desgaste da Ferramenta	Não. Medição dedicada em cada cabeçote, teria alto investimento.
2	Consumo de Energia	Não. Medição dedicada para o processo, teria alto investimento.
3	Custos de Prevenção de Qualidade	Não. Medição dedicada para o processo, teria alto investimento.
4	Custos de Avaliação de Qualidade	Não. Medição dedicada para o processo, teria alto investimento.
5	Custos de Falhas Externas	Não, pode ser incorporado com o KPI número 8.
6	Custo de Fabricação	Sim
7	Custo Operacional	Não, pode ser incorporado com o KPI número 6.
8	Custo de Refugo pelo Faturamento	Sim
9	Produtividade Direta	Sim
10	Custo de Ferramentas	Sim
11	Estoque em Processo	Sim
12	Taxa de Remoção de Material	Não. Medição dedicada para o processo, teria alto investimento.
13	Eficiência das Máquinas	Sim
14	Flexibilidade de Tipos	Sim
15	Flexibilidade de Substituições	Não, KPI já está incorporado no KPI 12.
16	Flexibilidade de Volume	Sim
17	Flexibilidade do Tempo de Execução	Sim
18	Aderência ao Plano de Produção	Sim
19	Volume de Produção	Sim
20	Percentual de Peças Aprovadas	Sim
21	Segurança Operacional	Sim
22	Saúde Pessoal	Sim
23	Competências dos Colaboradores	Sim
24	Qualidade superficial	Sim
25	Radiofrequência	Não. Medição não disponível nas MAEs, teria alto investimento.
26	Rugosidade da Superfície	Sim
27	Influência da Potência na Taxa de Corte	Não. Medição não disponível nas MAEs, teria alto investimento.
28	Influência da frequência efetiva de pulso e dos tipos de descarga na energia gerada	Não. Medição não disponível nas MAEs, teria alto investimento.
29	Qualidade Interna	Sim
30	Qualidade Externa	Sim
31	Parâmetros de pulso	Não. Medição não disponível nas MAEs, teria alto investimento.
32	Domínio do tempo	Sim
33	Frequência de Entrega	Não, KPI já está incorporado no KPI 17.
34	Tempo de Ciclo	Sim
35	Tempo de Execução	Não, KPI já está incorporado no KPI 33.
36	Tempo de espera	Não, KPI de responsabilidade do processo anterior
37	Qualidade do Processo Externo	Não, KPI já está incorporado no KPI 17.
38	Eficiência do Tempo de Ciclo	Não, KPI já está incorporado no KPI 33.

FONTE: O autor (2024).

Na aplicação do questionário das 5 dimensões, foi verificado em conjunto com os gestores e ajustadores do processo de EDM, se cada KPI está alinhado a pelo menos uma das 5 dimensões. Todos os 21 KPIS foram relacionados a pelo menos uma das dimensões conceitualmente. Alguns KPIS foram relacionados a duas ou mais dimensões conforme mostra o QUADRO 10. Com este resultado, não houve alteração na quantidade de KPIS aprovados para a próxima etapa da seleção.

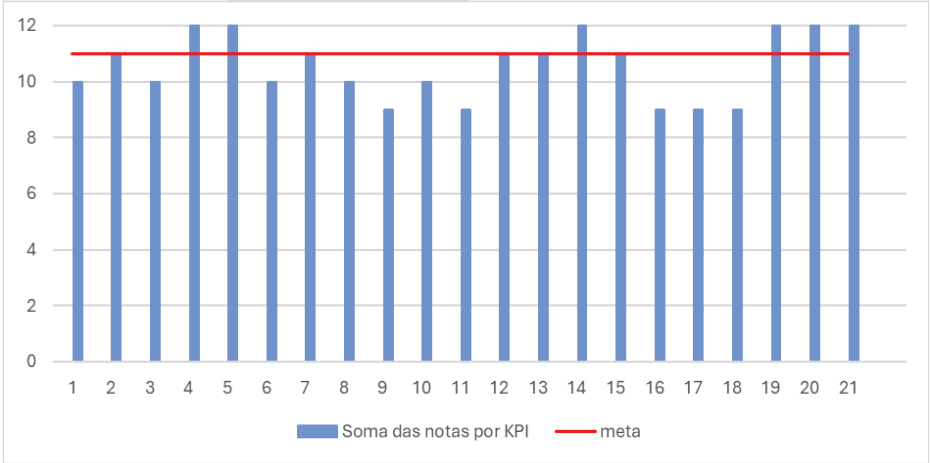
QUADRO 10 – RELAÇÃO DOS KPIS COM AS 5 DIMENSÕES

Nº	KPI	Tempo	Custo	Qualidade	Flexibilidade	Pessoas
1	Aderência ao Plano de Produção	NA	NA	NA	OK	NA
2	Competência dos Colaboradores	NA	NA	NA	OK	OK
3	Custo de Fabricação	NA	OK	NA	NA	NA
4	Custo de Ferramentas	NA	OK	NA	NA	NA
5	Custo do Refugo pelo Faturamento	NA	OK	OK	NA	NA
6	Domínio do Tempo	NA	OK	OK	NA	NA
7	Eficiência de MAEs	NA	OK	OK	OK	NA
8	Estoque em Processo	NA	OK	NA	OK	NA
9	Flexibilidade de Tempo de Execução	NA	NA	NA	OK	NA
10	Flexibilidade de Tipos	NA	NA	NA	OK	NA
11	Flexibilidade de Volumes	NA	NA	NA	OK	NA
12	Percentual de Peças Aprovadas	NA	OK	OK	OK	NA
13	Produtividade Direta	OK	OK	NA	NA	NA
14	Qualidade Externa	NA	NA	OK	NA	NA
15	Qualidade Interna	NA	NA	OK	NA	NA
16	Qualidade Superficial	NA	NA	OK	NA	NA
17	Rugosidade da Superfície	NA	NA	OK	NA	NA
18	Saúde Pessoal	NA	NA	NA	NA	OK
19	Segurança Operacional	NA	NA	NA	NA	OK
20	Tempo de Ciclo	OK	NA	NA	OK	NA
21	Volume de Produção	NA	NA	NA	OK	NA

FONTE: O autor (2024).

Na aplicação do questionário das 12 características, após a atribuição das notas, foi realizada a somatória de pontos de cada KPI, com relação às 12 perguntas do questionário. As notas podem variar de 0, quando o KPI não atende a característica ou 1, quando o KPI atende a característica avaliada. Como parâmetro de seleção, foi considerado aptos os KPIs que apresentaram a pontuação mínima de 11 pontos. No GRÁFICO 1 é apresentado o resumo das notas de cada KPI pré-selecionado.

GRÁFICO 1 – RELAÇÃO DOS KPIS COM AS 12 CARACTERÍSTICAS



FONTE: O autor (2024).

Assim, foram selecionados 11 KPIs. Na sequência, foi realizada uma nova reunião com os gestores do processo de EDM, a fim de:

1. Apresentar a sistemática de seleção dos KPIs na revisão de literatura e da análise dos documentos da empresa;
2. Apresentar os resultados dos questionários para cada KPI, com os resultados da seleção e o resumo das pontuações;
3. Validar os KPIs selecionados e coletar percepções que possam levar a sugestões de novos KPIs antes do desenvolvimento dos *dashboards*.

Como resultado desta reunião, os 11 KPIs selecionados foram aprovados e dois KPIs foram sugeridos pelos participantes:

- Falhas no diâmetro: para avaliar se os furos foram realizados com os diâmetros dentro do especificado;
- Controle de cabeçotes: para verificar a situação atual de cada cabeçote de cada MAE e a identificação das prioridades para o atendimento.

Os dois KPIs sugeridos foram analisados nos questionários das 5 dimensões e das 12 características, sendo aprovados e incluídos, totalizando 13 KPIs. Com relação às 5 dimensões, o QUADRO 11, apresenta a análise individual final de cada um dos 13 KPIs e a dimensão que compreende cada KPI, está identificada na cor verde.

QUADRO 11 – RELAÇÃO FINAL DOS KPIS COM AS 5 DIMENSÕES

Nº	KPI	Tempo	Custo	Qualidade	Flexibilidade	Pessoas
1	Controle de Cabeçotes	NA	NA	NA	OK	NA
2	Competência dos Colaboradores	NA	NA	NA	OK	OK
3	Custo de Ferramentas	NA	OK	NA	NA	NA
4	Custo do Refugo pelo Faturamento	NA	OK	OK	NA	NA
5	Eficiência de MAEs	NA	OK	OK	OK	NA
6	Falhas de Diâmetro	NA	NA	OK	NA	NA
7	Percentual de Peças Aprovadas	NA	OK	OK	OK	NA
8	Produtividade Direta	OK	OK	NA	NA	NA
9	Qualidade Externa	NA	NA	OK	NA	NA
10	Qualidade Interna	NA	NA	OK	NA	NA
11	Segurança Operacional	NA	NA	NA	NA	OK
12	Tempo de Ciclo	OK	NA	NA	OK	NA
13	Volume de Produção	NA	NA	NA	OK	NA

FONTE: O autor (2024).

Com relação às 12 características, o QUADRO 12, apresenta a análise individual final de cada um dos 13 KPIs selecionados, com a somatória de afinidade com cada característica.

QUADRO 12 – RELAÇÃO DOS KPIS COM AS 12 CARACTERÍSTICAS

Nº	KPI	Soma
1	Controlde Cabeçotes	11
2	Competência dos Colaboradores	11
3	Custo de Ferramentas	12
4	Custo do Refugo pelo Faturamento	12
5	Eficiência de MAEs	11
6	Falhas de Diâmetro	12
7	Percentual de Peças Aprovadas	11
8	Produtividade Direta	11
9	Qualidade Externa	12
10	Qualidade Interna	11
11	Segurança Operacional	12
12	Tempo de Ciclo	12
13	Volume de Produção	12

FONTE: O autor (2024).

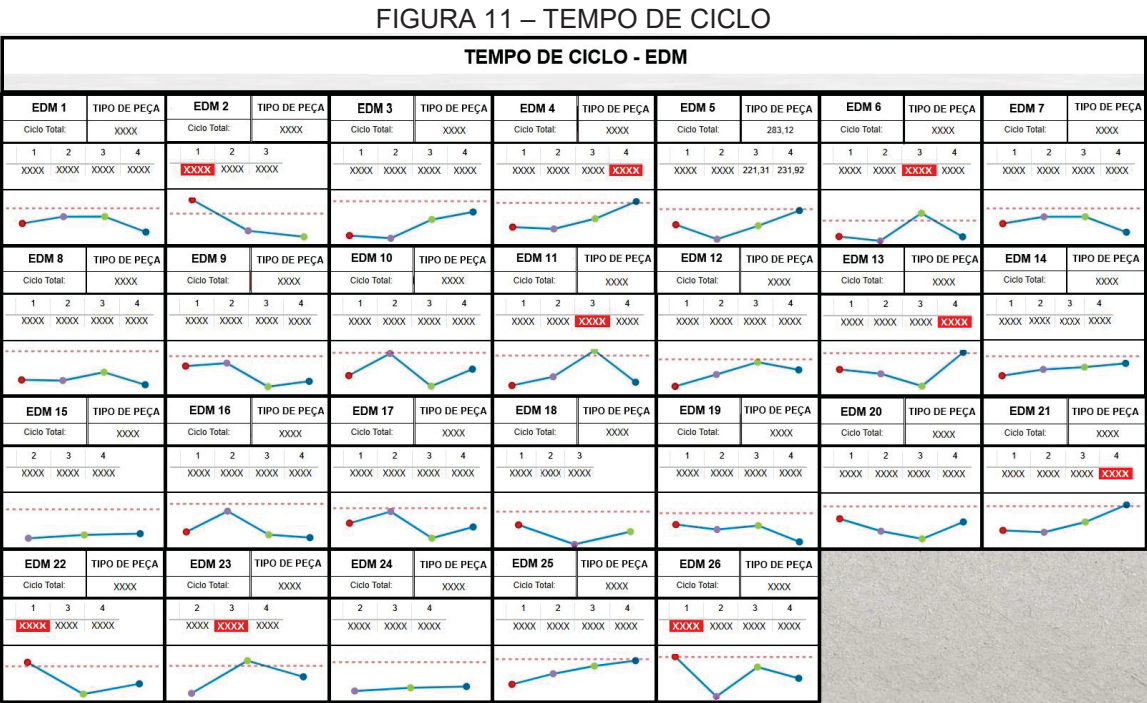
Com a definição dos KPIs do processo de EDM, foi desenvolvida a plataforma de visualização que proporciona a interface dos KPIs com os gestores. Isso foi possível utilizando a conectividade dos equipamentos com a rede dedicada criada para o processo de EDM para elaborar *dashboards*, por meio da ferramenta *Power BI*.

A empresa analisada possui um sistema integrado por meio do software SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados). Desta forma, dados referentes a movimentação de produtos entre processos, materiais produtivos e improdutivos, registro de horas trabalhadas dos colaboradores, faturamento, entre outros são registrados e podem ser utilizados em alguns dos KPIs selecionados. Na próxima seção serão apresentados os KPIs selecionados para o processo de EDM.

4.3.1 Tempo de Ciclo

O KPI referente ao tempo de ciclo não era utilizado anteriormente, e tem como objetivo possibilitar a avaliação da situação dos 4 cabeçotes de cada MAE,

mostrando se existe alguma disparidade entre eles, evitando que algum cabeçote interfira no ciclo médio das MAEs (FIGURA 11).



FONTE: O autor (2023).

Cada MAE está representada em um dos quadrantes, contendo as informações do tipo de peças, o valor do ciclo individual por cabeçote e um gráfico que demarca a média histórica do ciclo por tipo. As ações devem ser tomadas quando o valor do ciclo de um ou mais cabeçotes ultrapassam a demarcação do ciclo médio. As informações são atualizadas através da conectividade existente com a célula de medição do processo de EDM.

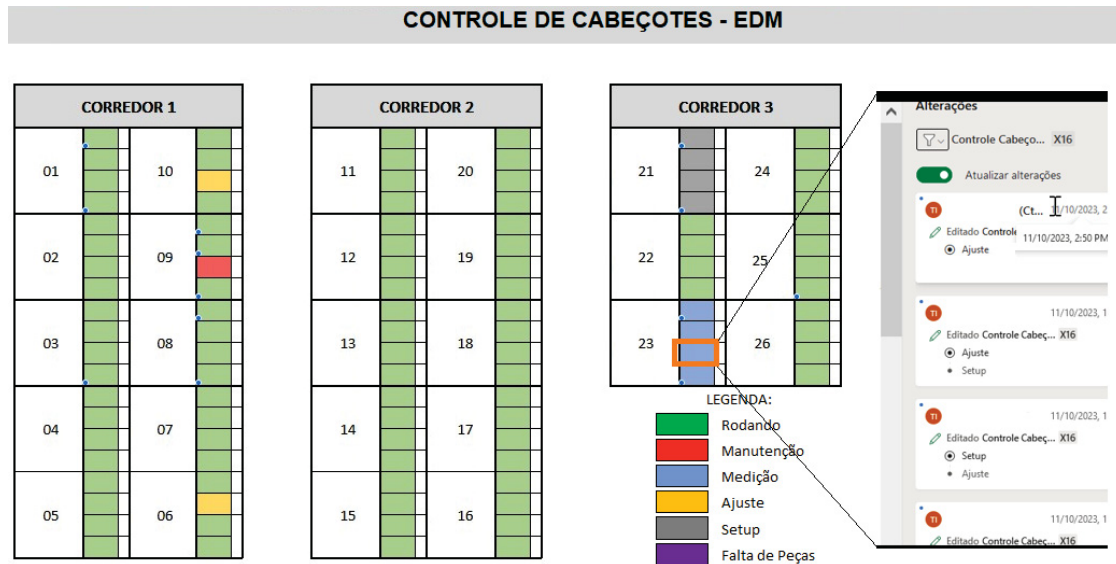
4.3.2 Controle de Cabeçotes

O KPI de controle de cabeçotes que não era utilizado pela empresa, possibilita monitorar todas as MAEs e seus cabeçotes.

Para este caso, foi utilizado uma planilha em Excel publicada via *SharePoint* conforme FIGURA 12, permitindo atualização manual dos usuários e visualização, como também verificar o tempo que cada status está vigorando.

Durante o turno de trabalho, este KPI é monitorado para identificar se distúrbios estão ocorrendo nas MAEs, conforme legenda ilustrada pelas cores e desvios.

FIGURA 12 – CONTROLE DE CABEÇOTES



FONTE: O autor (2024).

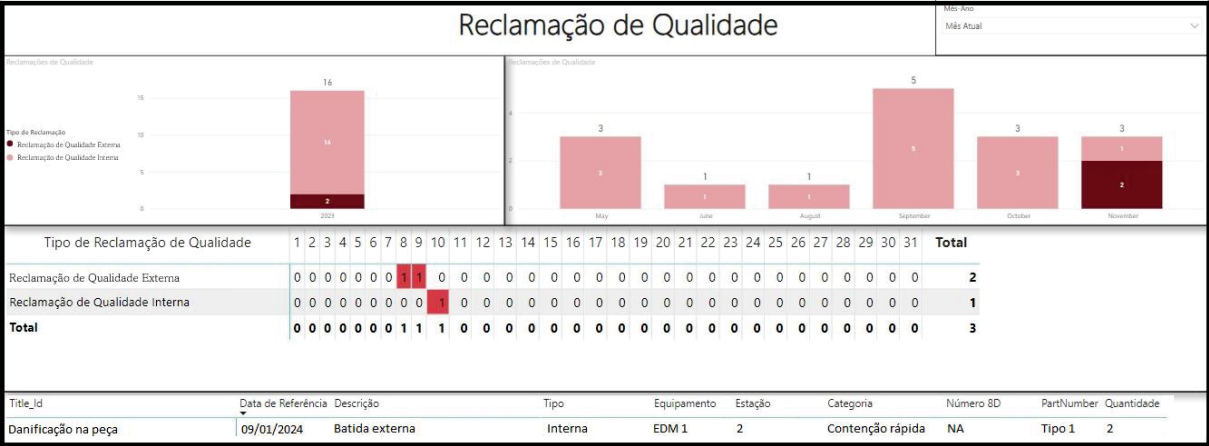
A cor verde significa que as MAEs devem estar liberadas para a produção, quando outra cor é atualizada pelos operadores, ações devem ser tomadas pelos responsáveis de acordo com o desvio.

4.3.3 Reclamações de Qualidade

As reclamações relacionadas à qualidade já eram analisadas em um KPI pela empresa em planilha de Excel, porém não de maneira individual. As reclamações podem ser internas ou externas. Como sugestão dos participantes, os KPIs de Qualidade Interna e Externa foram incorporados no mesmo *dashboard* para facilitar as análises sobre os defeitos que não são detectados no processo de EDM.

As informações são atualizadas através da inserção manual das informações pelos gestores do processo de EDM após a comunicação dos processos posteriores. As reclamações internas se referem aos processos posteriores da linha do produto ou cliente da mesma unidade fabril do processo de EDM. As reclamações externas se referem aos incidentes de qualidade com clientes externos, ou seja, fora da unidade fabril do processo de EDM, conforme FIGURA 13.

FIGURA 13 – RECLAMAÇÕES DE QUALIDADE



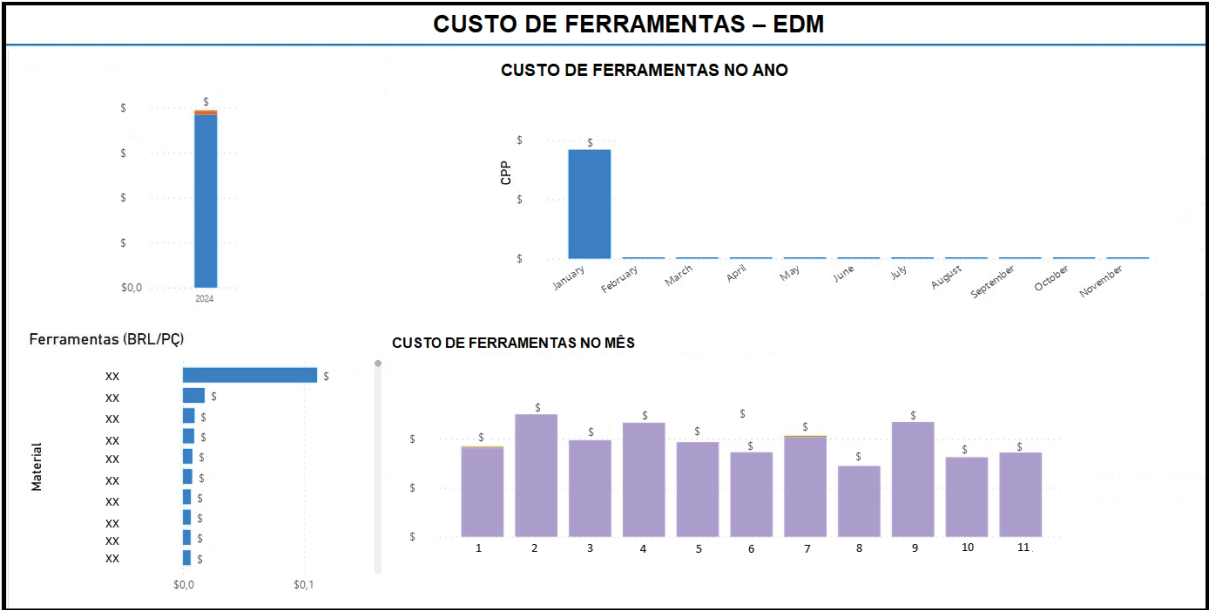
FONTE: O autor (2023).

Na parte superior esquerda está localizado o gráfico da evolução anual. Na parte superior à direita do gráfico é apresentada a evolução ao longo dos meses do ano corrente e na parte inferior a evolução diária no mês corrente.

4.3.4 Custo de Ferramentas

O KPI que já era utilizado no processo de EDM, se refere ao custo de ferramentas, o qual considera todos os insumos utilizados nas MAEs necessários para a usinagem, como eletrodos, suportes de eletrodos e o líquido utilizado como meio dielétrico. A FIGURA 14 ilustra o *dashboard* deste KPI.

FIGURA 14 – CUSTO DE FERRAMENTAS



FONTE: O autor (2024).

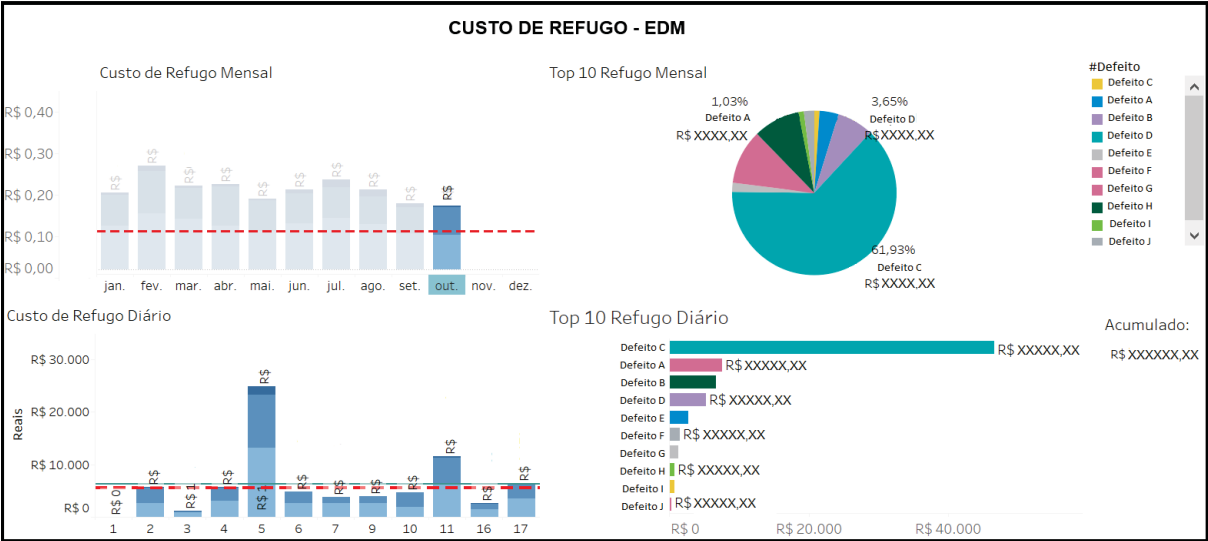
As informações são atualizadas através da conectividade do *dashboard* com o sistema SAP. Na parte superior esquerda, é analisado o acumulado de cada ano e na superior direita a variação por mês do ano corrente. Na parte inferior esquerda o TOP 10 dos materiais com maior consumo e na direita a variação diária no mês corrente.

4.3.5 Custo do Refugo

Os defeitos gerados nos MAEs de EDM, que já eram utilizados pela empresa, são detectados tanto no processo de EDM, como nos processos seguintes ou nos clientes internos e externos. Todos os custos gerados por esta falta de qualidade, como também os retrabalhos que ocorrem nas peças que são reaproveitadas, fazem parte do custo total dos refugos, incluindo os custos gerados no processo de EDM, nos processos seguintes e nos clientes externos, como por exemplo, na realização de exames adicionais para identificação de peças não conformes às especificações exigidas pelos clientes.

Para não haver distorções referentes a variação na demanda, a relação é feita pelo faturamento do mês, sendo que as informações são coletadas diretamente do sistema SAP. A FIGURA 15 ilustra o *dashboard* deste KPI. Na parte superior esquerda, é analisado o Custo de Refugo Mensal com o acumulado da variação, considerando o valor em reais por peça por mês do ano corrente.

FIGURA 15 – CUSTO DO REFUGO



FONTE: O autor (2023).

Na parte inferior esquerda a variação diária em reais no mês corrente. Nos dois gráficos a demarcação da meta está na forma de linha tracejada em vermelho. No lado direito, em formato de TOP 10 maiores defeitos. Na parte superior, um gráfico de pizza com o percentual de cada defeito considerando o mês corrente. Na parte inferior, o TOP 10 do gráfico de Pareto, com os defeitos diários do mês corrente.

4.3.6 Competência dos Colaboradores

A gestão das competências dos colaboradores era realizada pela empresa em planilha Excel. Esta é uma ferramenta de análise da condição que cada colaborador apresenta com relação aos treinamentos operacionais, de sistemas da produção e os obrigatórios, facilitando a identificação sobre as necessidades de cada colaborador, facilitando o planejamento dos eventos de treinamento.

Na FIGURA 16 é apresentado o *dashboard* das competências de cada colaborador. Este indicador é atualizado manualmente ao final de cada treinamento finalizado. Cada linha representa um colaborador e as colunas representam as competências necessárias.

FIGURA 16 – COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES

FIGURA 10 – COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES

COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES – EDM

Grau de conformidade: 92.00%

Colaborador

Centro de Custo

X

Histórico Atual

Colaborador		Processos Chaves									Processos Chaves		
Colaborador	EDV	Atividade 1	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4	Atividade 5	Atividade 6	Atividade 7	Atividade 8	Atividade 9	Total de Itens Avaliados	Nº de Itens que atendem a demanda	Grau de Conformidade q ue atende a Matriz
Operador 1											27	26	96.30%
Operador 2											17	17	100%
Operador 3											28	26	92.86%
Operador 4											24	23	95.83%

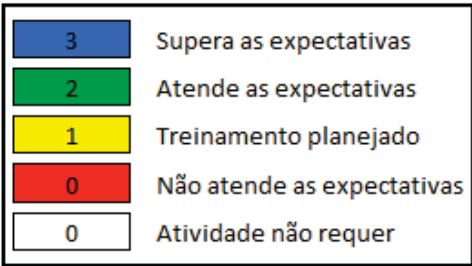
FONTE: O autor (2023).

As colunas a direita, resumem a pontuação atingida com a somatória adquirida e a pontuação necessária prevista e o grau de conformidade a matriz, ou

seja, o quanto cada colaborador está treinado, sendo que atingir 100%, significa que não existe treinamento pendente.

Para facilitar a gestão visual no *dashboard*, foram adotadas as mesmas cores utilizadas pela empresa, que representam o grau de atendimento as exigências de cada atividade. Além destas cores também foi utilizada uma escala numérica vinculada a cada cor, conforme apresentado na FIGURA 17.

FIGURA 17 – LEGENDA COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES

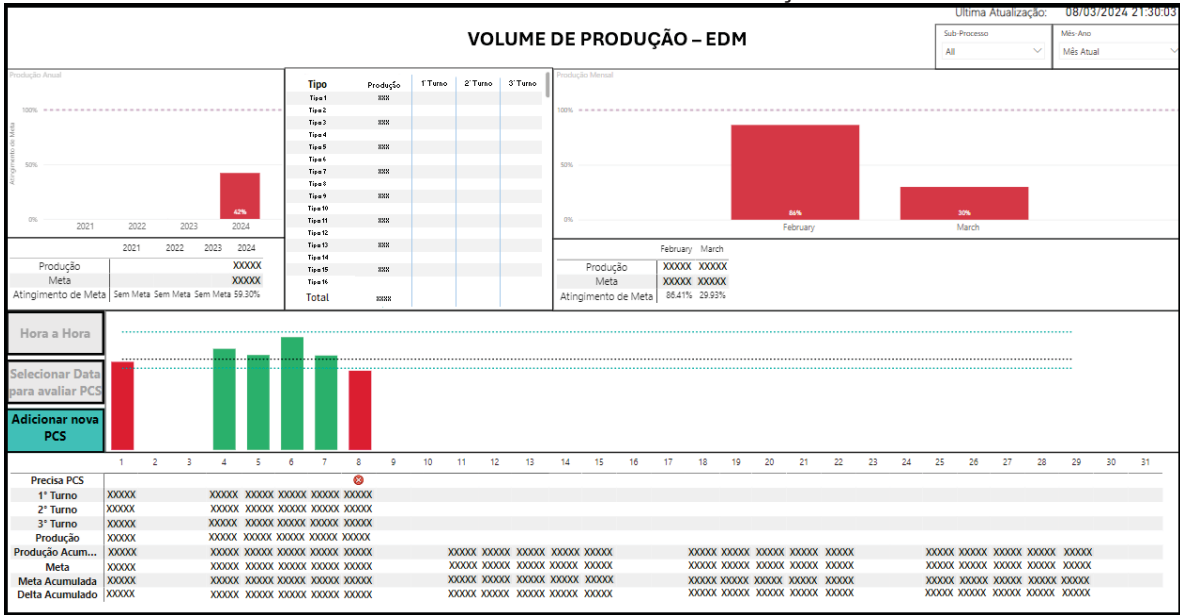


FONTE: O autor (2023).

4.3.7 Volume de Produção

O KPI referente ao volume de produção que já era utilizado pela empresa, permite o monitoramento da performance do processo de EDM com relação a quantidade de peças produzidas de acordo com o planejamento mensal, sendo que as metas são inseridas manualmente pelos gestores, conforme FIGURA 18.

FIGURA 18 – VOLUME DE PRODUÇÃO



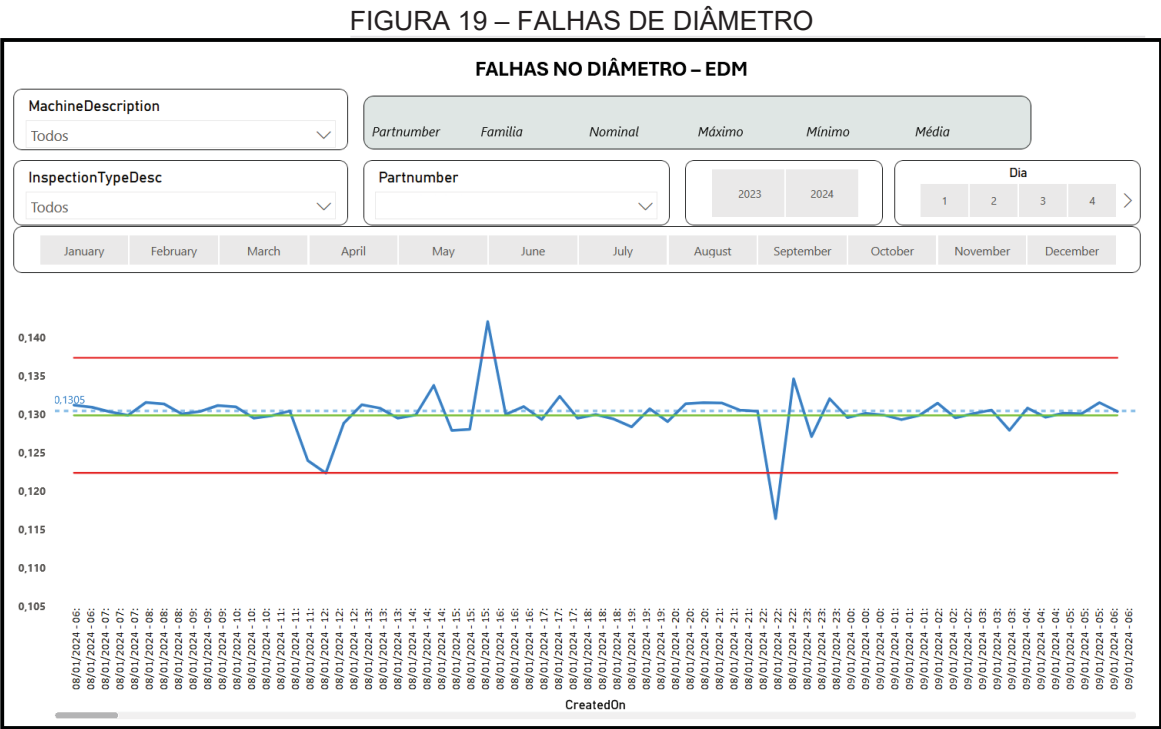
FONTE: O autor (2024).

Os dados são gerados através da conectividade com as MAEs EDM. Em situações em que o resultado ultrapassa os limites de mínimo e máximo da meta, deve ser elaborado o método de Problema, Causa e Solução (PCS) para encontrar a causa raiz dos problemas, gerando ações para eliminar ou minimizar os efeitos que impactam no resultado do KPI.

Na parte superior esquerda do gráfico é apresentada a produção anual, em percentual do montante do ano produzido em relação ao planejado. No lado direito deste gráfico, é disponibilizada uma tabela com os tipos de peças em ordem decrescente do maior volume para o menor. Na parte superior direita encontrasse o gráfico da variação percentual mensal. Na parte inferior é apresentada a variação diária em quantidade produzida no mês corrente, com uma tabela abaixo que demonstra a produção: por turno, por dia, a acumulada, a meta do dia, meta acumulada e o delta acumulado.

4.3.8 Falhas no Diâmetro

O KPI de Falhas no Diâmetro, permite o monitoramento da qualidade da performance do processo de EDM com relação as especificações no diâmetro dos furos de acordo com o tipo de peça que está sendo usinado (FIGURA 19).



FONTE: O autor (2024).

Neste *dashboard* é possível selecionar qual máquina e qual tipo de produto é monitorado no gráfico, em qualquer período conforme necessidade, utilizando a conectividade com a célula de medição do processo de EDM.

No gráfico existe o limite mínimo e máximo de variação. A lista pontilhada demonstra a média histórica dos valores e a lista verde o valor central da tolerância. Ações devem ser tomadas quando os limites são ultrapassados ou quando a média se aproxima destes limites de máximo e mínimo.

4.3.9 Eficiência de Máquinas

O OEE é um indicador que reflete o desempenho de uma máquina de produção de forma abrangente. Integra grandes perdas de máquinas de fabricação e é calculado pela multiplicação de três componentes diferentes (THIEDE, 2023):

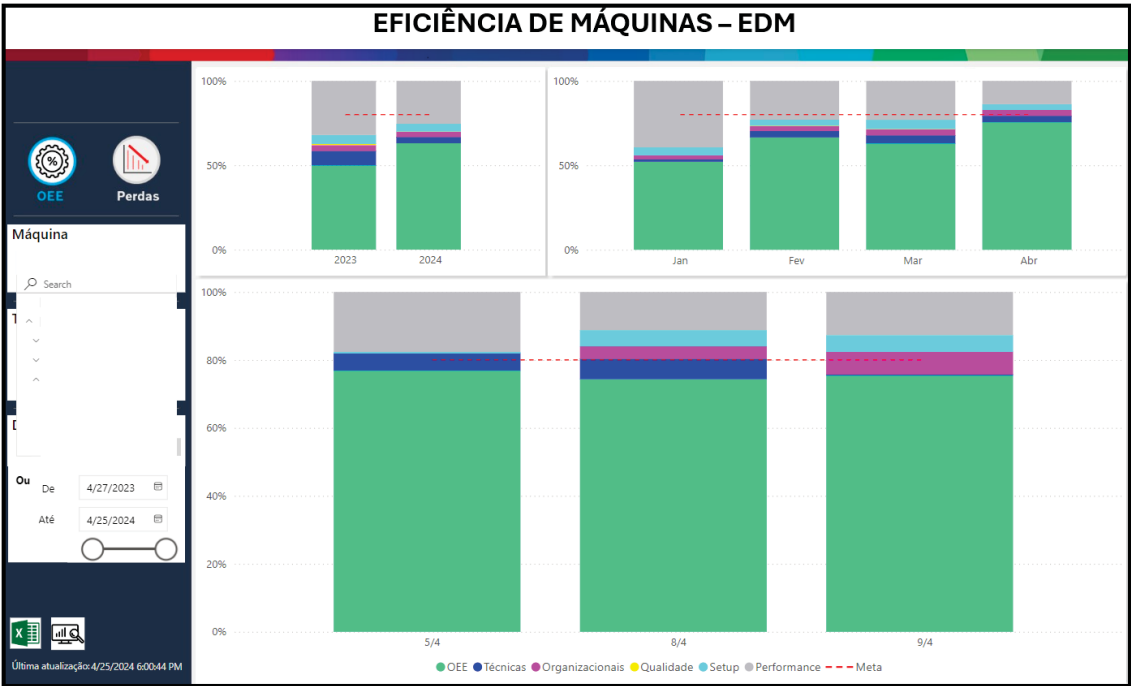
- Disponibilidade que reflete a parada de máquinas devido a falhas e tempos de configuração,
- Taxa de desempenho que leva em conta ineficiências através de marcha lenta desnecessária ou pequenas paradas, bem como velocidade reduzida que eventualmente ainda leva a menor produção possível
- Taxa de qualidade que reflete se o resultado do produto está em conformidade com as especificações necessárias.

O KPI de Eficiência de Máquinas, que já era utilizado pela empresa, permite o monitoramento da performance de cada máquina de EDM, utilizando a metodologia de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) com relação a quantidade de peças produzida, de acordo com o planejamento do mês.

Para este KPI não foi possível coletar as informações através da conectividade, sendo necessário a digitação dos dados de hora em hora.

A FIGURA 20 apresenta o *dashboard* da eficiência de cada máquina EDM, sendo possível visualizar o OEE das MAEs, considerando as 5 perdas do OEE: performance, técnica, organizacional, setup e qualidade. No lado esquerdo deste *dashboard* deve-se selecionar cada máquina, turnos como também o período desejado para realizar a análise. Com o objetivo de reduzir as perdas, aumentar o OEE e, conseqüentemente, a eficiência dos equipamentos, a tendência dos gráficos é analisada diariamente.

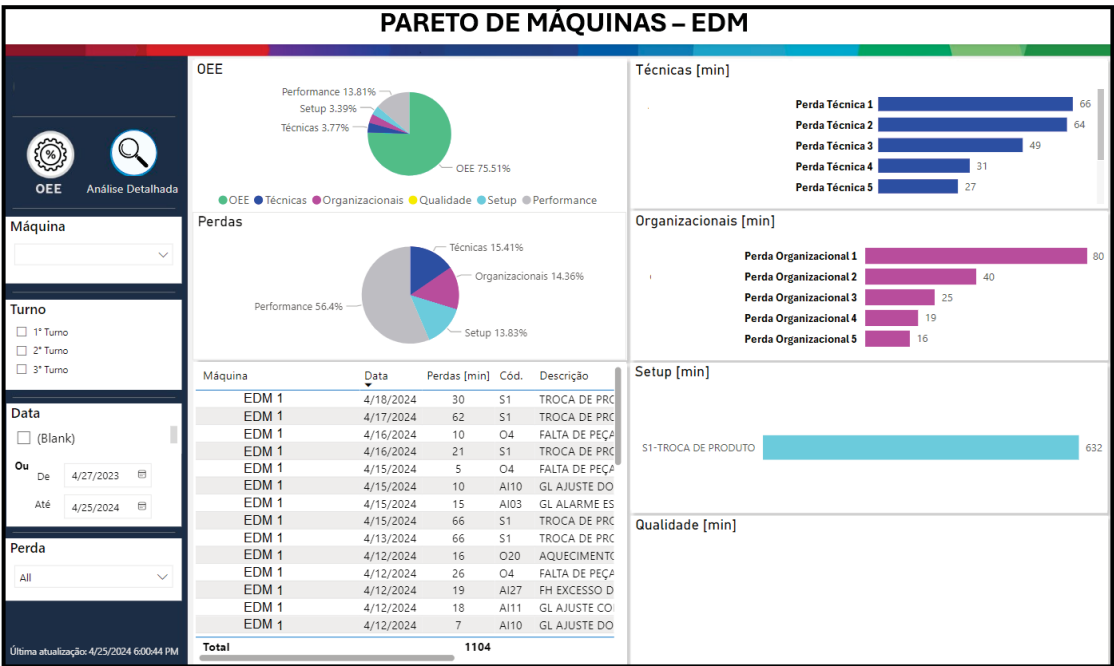
FIGURA 20 – EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS



FONTE: O autor (2024).

Na parte superior direita na região dos gráficos, encontrasse a variação anual e na superior esquerda a evolução do OEE no ano corrente. Na parte inferior é apresentada a variação diária do mês corrente. A FIGURA 21 apresenta as perdas que detalham informações sobre as principais perdas, facilitando assim a priorização na tomada de ações com objetivo de melhorar ou estabilizar o OEE.

FIGURA 21 – PARETO DE PERDAS DE MÁQUINAS



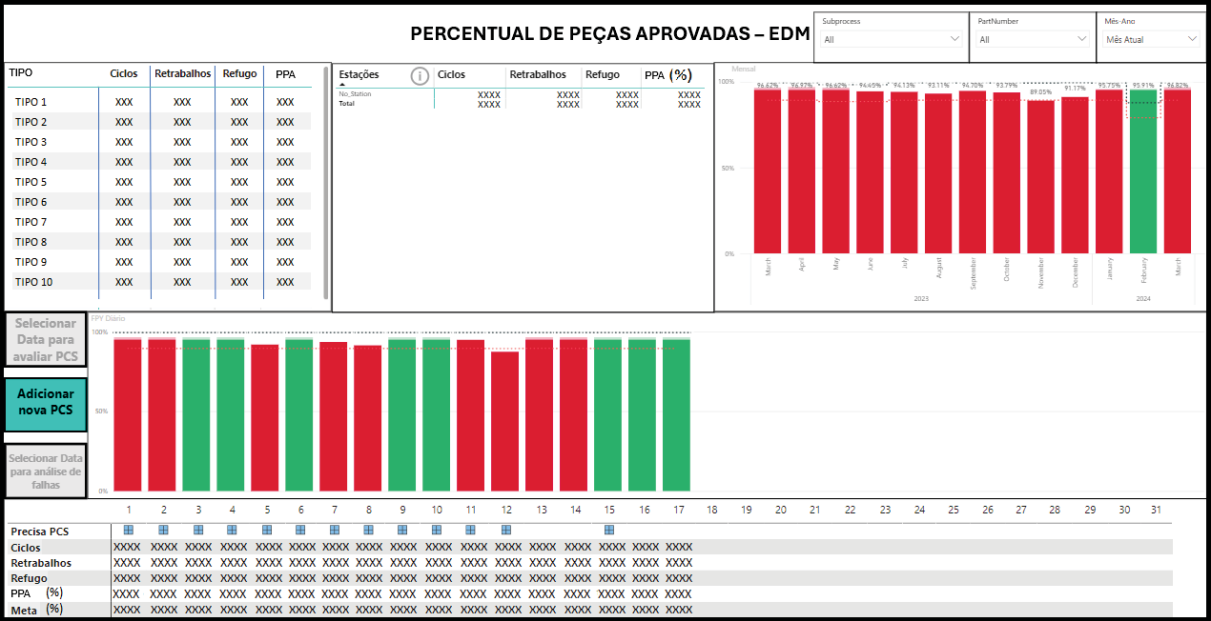
FONTE: O autor (2024).

Esta análise é realizada pelos ajustadores nos 3 turnos, devido ao know-how destes colaboradores sobre os temas técnicos dos equipamentos. No lado esquerdo deste *dashboard* deve-se selecionar a máquina, o turno, como também o período desejado para realizar a análise. Após as seleções, no lado direito podem ser visualizadas as 5 maiores perdas devido a desvios técnicos, com seus respectivos tempos perdidos para cada uma das perdas. Abaixo deste gráfico são apresentadas as 5 maiores perdas organizacionais, o tempo de setup e por último as perdas por qualidade. Ao centro da figura é possível visualizar dois gráficos de pizza, o primeiro na parte superior do OEE, apresenta a porcentagem de cada uma das cinco perdas do OEE e, o segundo abaixo, apresenta a proporção de cada uma das perdas.

4.3.10 Percentual de Peças Aprovadas

Com o KPI de Percentual de Peças Aprovadas (PPA), que já era utilizado pela empresa, é possível verificar se a quantidade de peças que entram no processo é relativamente aceitável com relação a quantidade de peças que são usinadas e fornecidas para o próximo processo da linha de produção, sendo que os dados são coletados com a conectividade implementada no processo de EDM (FIGURA 22).

FIGURA 22 – PERCENTUAL DE PEÇAS APROVADAS



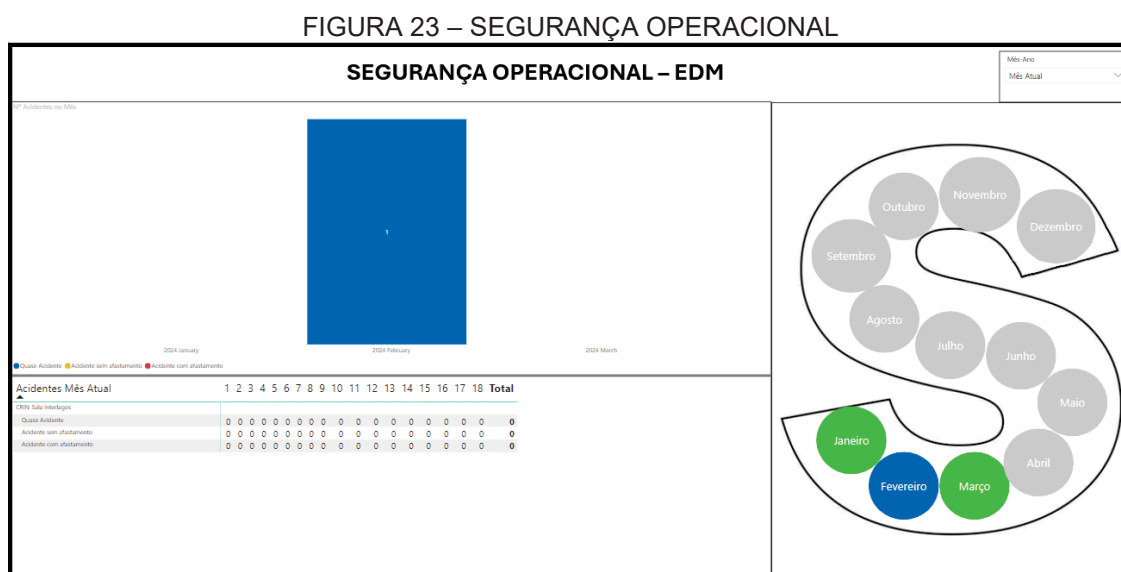
FONTE: O autor (2024).

A diferença entre as peças que entram e as que saem do processo, são relativas aos refugos e retrabalhos que não seguem o fluxo das peças aprovadas.

No lado superior esquerdo é apresentada a lista dos tipos de produtos que estão sendo usinados nas MAEs. Ao centro a visão geral do dia e a esquerda a variação mensal. Na parte inferior da figura, é apresentada a variação diária no mês corrente, com uma tabela abaixo que descreve as informações que geram o gráfico diário, cujas informações são lançadas manualmente pelos gestores. Em situações que o resultado ultrapassa os limites de mínimo e máximo, deve ser elaborado o método de PCS.

4.3.11 Segurança Operacional

O KPI de Segurança Operacional, que já era utilizado pela empresa, permite o monitoramento das ocorrências de quase acidente, acidente com afastamento e acidente sem afastamento. As informações referentes a este KPI também devem ser inseridas manualmente pelos gestores. A FIGURA 23 apresenta o *dashboard* que detalha informações sobre a segurança operacional.



FONTE: O autor (2024).

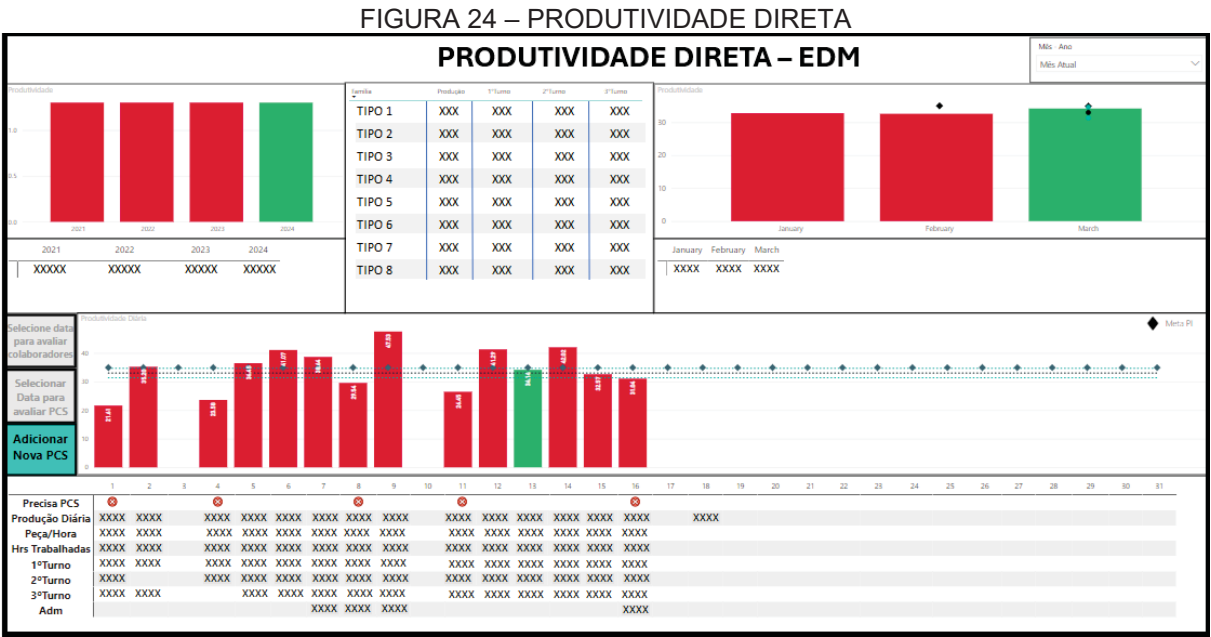
No lado superior esquerdo é apresentado o gráfico da evolução no ano corrente da quantidade de acidentes de forma geral. Abaixo deste é apresentada uma tabela com a evolução no mês corrente, com a quantidade diária, com 3 linhas que apresentam a quantidade diária dos 3 tipos de situações que envolvem a segurança operacional. No lado direito, encontra-se uma figura que apresenta a evolução do ano, sendo que cada mês é identificado tendo como referência as cores

que são geradas quando o gestor registra ao final do mês se houve ou não acidentes. As cores verde, azul, laranja e vermelho, representam sem ocorrências, quase acidente, acidente sem afastamento e acidente com afastamento respectivamente. As situações que envolvem a segurança operacional são divididas em:

- 1. Quase acidente: refere aos incidentes que não ocorrem danos físicos, mas quando os colaboradores passam por luxações leves;
- 2. Acidentes sem afastamentos: são os incidentes que geram danos físicos, mas sem impacto nas atividades laborais do colaborador;
- 3. Acidentes com afastamentos: são os incidentes que geram danos físicos aos colaboradores, de maneira que os impede de retomar suas atividades até a sua recuperação.

4.3.12 Produtividade Direta

O KPI de produtividade direta, permite o monitoramento da relação entre a quantidade de peças fornecidas pelo processo de EDM considerando a quantidade de horas trabalhadas (peça/hora), diariamente (FIGURA 24).



FONTE: O autor (2024).

Os dados são gerados pelos registros do *dashboard* do KPI de volume de produção e pela conectividade com o sistema que realiza o registro da entrada e

saída dos colaboradores. No lado superior esquerdo é apresentado o gráfico da evolução ao longo dos últimos anos da produtividade direta. Ao centro é apresentada uma tabela com os tipos de produtos, a produção total e por turno ao longo do mês. A direita é apresentada a evolução deste KPI durante os meses do ano corrente. Na parte inferior é apresentada a evolução durante o mês corrente. A tabela abaixo apresenta a produção diária, o resultado da relação peça/hora, a quantidade total de horas trabalhadas e por turno. Em situações que o resultado ultrapassa os limites de mínimo e máximo, deve ser elaborado o método de Problema, Causa e Solução.

4.4 Etapa 4

Por fim, na etapa do compartilhamento, os resultados e constatações são apresentados para o encerramento da pesquisa. Com a implementação do novo sistema de monitoramento de KPIs, foi analisado o impacto dos indicadores propostos na empresa analisada e na tomada de decisão. Para isso, foi desenvolvido um questionário a ser respondido pelos gestores e ajustadores para compreender a relevância dos KPIs identificados e o monitoramento destes KPIs na tomada de decisão.

O questionário foi elaborado com base nas 12 características dos KPIs eficazes de Eckerson (2012) e aplicado utilizando o Google Forms. O questionário foi testado por pessoas fora do grupo definido, para avaliar a estrutura do questionário. Na sequência, os 7 colaboradores que participaram da seleção dos KPIs, responderam ao questionário. Foram definidas sete perguntas com as respostas: concordo plenamente, concordo, indeciso, discordo, discordo plenamente, com exceção da pergunta 7. O questionário foi composto das seguintes perguntas:

1. A criação do método para a seleção dos KPIs para o processo de EDM foi adequada?
2. O método para a seleção trouxe os KPIs adequados para o processo EDM?
3. Os KPIs selecionados são de fácil compreensão?

4. As análises dos KPIs selecionados, contribuíram na tomada de decisão, tanto na rapidez como na assertividade na identificação das ações de melhoria ou de correção dos desvios?
5. A quantidade de KPIs que foram selecionados é adequada?
6. Qual o seu cargo?
7. Caso você tenha alguma sugestão de outro KPI que não foi tratada na elaboração final dos KPIs selecionados, descreva abaixo qual seria e como ele seria utilizado.

As respostas para as perguntas de 1 a 5 são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO

Respostas	Pergunta 1 (%)	Pergunta 2 (%)	Pergunta 3 (%)	Pergunta 4 (%)	Pergunta 5 (%)	Média (%)
Concordo plenamente	71	71	43	29	43	51
Concordo	29	29	57	71	57	49
Indeciso	0	0	0	0	0	0
Discordo	0	0	0	0	0	0
Discordo plenamente	0	0	0	0	0	0

FONTE: O autor (2024).

A TABELA 1 demonstra que independente do cargo dos entrevistados, todos concordaram que o método aplicado na identificação dos KPIs foi desenvolvido de maneira clara e resultou em uma quantidade ideal e eficaz para a gestão do processo de EDM para 100% dos entrevistados. Para a última pergunta, foram obtidas duas repostas:

- a. “Um KPI interessante seria o nível de abastecimento de máquinas ao longo do turno. Por se tratar de processo gargalo da cadeia, é essencial que a linha esteja sempre abastecida e que possamos identificar qual a necessidade de abastecimento por máquina (ou a autonomia de cada máquina). Esta informação precisa ser visível e online para os operadores do processo fornecedor do gargalo para que eles possam realizar o abastecimento de forma assertiva, minimizando desperdício e otimizando o resultado”;
- b. “Todos os KPIs tratados são objetivos e claros para a tomada de decisão assertiva”.

5 RESULTADOS

A utilização de KPIs adequados no monitoramento de um processo produtivo de modo a possibilitar uma tomada de decisão assertiva com possibilidades de melhorias e otimizações, é de extrema importância para manter a competitividade do negócio. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um processo de gestão de indicadores de desempenho relacionados a um processo de EDM, incluindo o monitoramento dos KPIs propostos por meio de *dashboards*. Este processo visa proporcionar aos responsáveis uma robusta ferramenta no auxílio a tomada de decisão de negócios baseada em dados em uma empresa metal mecânica situada na região de Curitiba.

Para que este objetivo fosse atingido foram identificados, por meio da Revisão da Literatura, 36 KPIs. Na empresa, foram identificados 11 KPIs. Devido à similaridade entre os KPIs, foram pré-selecionados para análise 38 KPIs. Com a participação de técnicos da empresa, gestores e ajustadores, os 38 KPIs foram analisados, no sentido de verificar a viabilidade orçamentária de aplicação destes KPIs. Desta forma, 9 KPIs foram desconsiderados devido ao custo de aquisição ou desenvolvimento de softwares ou hardwares, 7 KPIs foram incorporados no dashboard de outros KPIs e 1 KPI é de responsabilidade do processo anterior ao de EDM.

Os 18 KPIs restantes, foram analisados utilizando os critérios identificados através da Revisão da Literatura. Primeiramente foi utilizado as 4 dimensões do Quadrilátero do Diabo: custo, qualidade, flexibilidade e tempo. Além disso, foi acrescentada a dimensão pessoas. Desta forma, foi avaliado em qual dimensão cada KPI se enquadrava. Posteriormente cada KPI foi avaliado de acordo com o questionário das 12 características, e desta forma, 11 KPIs foram selecionados.

Com a participação dos gestores e ajustadores foram apresentados os KPIs selecionados e 2 novos KPIs foram sugeridos pela empresa. Na sequência eles foram analisados por meio dos questionários e incluídos. Desta forma, foram obtidos 13 KPIs finais para a implementação no processo EDM.

Mesmo conectando as máquinas na rede de dados, devido as possibilidades técnicas disponíveis de conectividade, não foi possível gerar os dados necessários para alimentar todos *dashboards*, sendo necessário a inserção manual dos dados nos KPI's: Segurança Operacional, Eficiência de Máquinas, Controle de Cabeçotes

e Reclamações de Qualidade. Para os *dashboards* dos KPIs Custo de Ferramentas, Custo do Refugo pelo Faturamento e Produtividade Direta, foi necessário a conectar como fonte de dados o sistema SAP.

Para analisar o impacto do modelo de monitoramento nos indicadores propostos na empresa analisada, o questionário demonstrou que 100% dos entrevistados concordam que os KPIs selecionados contribuíram na gestão do processo de EDM, que compreenderam a sistemática e a quantidade final de KPIs selecionados.

A inclusão de novos KPIs no processo, tendo como base a identificação na Revisão da Literatura, foi uma etapa que estava considerada desde o início do estudo, porém a sugestão de novos KPIs demonstrou o entendimento do processo de análise realizado com os 2 questionários, que contou com os participantes nas análises e que desempenharam com engajamento. Isto mostrou o quanto que a inclusão dos usuários na construção do processo de definição dos KPIs, propiciou uma rápida aceitação do processo de gestão de indicadores de desempenho implementado.

Com a finalidade de dar continuidade à pesquisa e fortalecer a metodologia proposta nesta dissertação, sugere-se para trabalhos futuros que o método aqui apresentado, seja utilizado como modelo de identificação de KPIs eficazes, em outros tipos de indústrias, pois não se limita apenas para um processo de EDM.

REFERÊNCIAS

AFRASIABI, M.; CHATZI, E.; WEGENER, K. A particle strength exchange method for metal removal in laser drilling. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1548-1553, 2018. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.287. Acesso em: 12 ago. 2023.

AHMAD, S.; MUZAFFAR, S. I.; SHAHZAD K.; MALIK K. Using BPM frameworks for identifying customer feedback about process performance. **Advanced Information Systems Engineering Workshops: CAiSE 2018 International Workshops, Tallinn, Estonia, June 11-15, Proceedings 30**. Springer International Publishing, p. 55-69, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-92898-2_5. Acesso em: 26 set. 2023.

ANTE, G.; FACCHINI, F.; DIGIESI, S. Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 13-18, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.227. Acesso em: 03 mar. 2023.

ANGELONI, M. T.; REIS, E. S. Business Intelligence como Tecnologia de Suporte a Definição de estratégias para melhoria da qualidade do ensino. **Encontro da ANPAD**, v. 30, p. 16, 2006. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/CAP/article/view/1000/594>. Acesso em: 25 mar. 2023.

BARR, S. **Prove It! How to create a high-performance culture and measurable success**. 1 ed. John Wiley & Sons, 2017.

BASSHUYSEN, V; SCHÄFER, R. **Internal combustion engine handbook: basics, components systems and perspectives**. SAE International, 2 ed. 2016.

BAUMGARTEN, C. **Mixture formation in internal combustion engines**. Springer Science & Business Media, 2006.

BECKER, T. **Prozesse in produktion und supply chain optimieren**. Springer Vieweg, 3 ed. 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-49075-4_5.

BHADANI, K.; G. ASBJÖRNSSON, G.; HULTHÉN, E.; EVERTSSON, M. Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation. **Minerals Engineering**, vol. 145, p. 106065, 2020, DOI:10.1016/j.mineng.2019.106065. Acesso em: 08 abr. 2023.

CHIAVENATO, I.; CERQUEIRA NETO, E. P. **Administração estratégica: em busca do desempenho superior: uma abordagem além do balanced scorecard**. Saraiva, 2003.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 490/2018, de 16 de novembro de 2018**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21. nov. 2018. Seção 1, p. 153-155. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=739>. Acesso em: 02 set. 2023.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. Bookman, 2 ed. São Paulo, 2005.

COSMA, A.; CONTE, R.; SOLINA, V.; AMBROGIO, G. Design of KPIs for evaluating the environmental impact of warehouse operations: a case study. **Procedia Computer Science**, v. 232, p. 2701-2708, 2024. DOI: 10.1016/j.procs.2024.02.087. Acesso em: 23 jun. 2024.

DÖRNYEI, Z.; TAGUCHI, T. **Questionnaires in second language research: Construction, administration, and processing**. Routledge, 2009. Acesso em: 27 fev. 2024.

DOMÍNGUEZ, E.; PÉREZ, B.; RUBIO, A. L.; ZAPATA, M. A. A taxonomy for key performance indicators management. **Computer Standards & Interfaces**, v. 64, p. 24-40, 2019. DOI: 10.1016/j.csi.2018.12.001. Acesso em: 14 fev. 2023.

DUMAS, M.; ROSA, M.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A. **Fundamentals of business process management**, Springer, 7 ed. 2018. DOI: 10.1007/978-3-642-33143-5_8.

ECKERSON, W. W. Performance management strategies. *Business Intelligence Journal*, v. 14, n. 1, p. 24-27, 2009.

ECKERSON, W. W. How to create effective performance metrics. **Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, p. 197–222, 2012. DOI:10.1002/9781119199984.ch11

ESTRADA-TORRES, B.; DEL-RÍO-ORTEGA, A.; RESINAS, M.; A.R. CORTÉS, A. R. On the relationships between decision management and performance measurement. **International Conference of Advanced Information Systems Engineering**, Springer, p. 311–326, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-91563-0_19. Acesso em: 22 fev. 2023.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

GOTTMANN, J. **Produktions controlling, Wertströme und Kosten optimieren**. Springer Gabler, 2016, DOI: 10.1007/978-3-658-01951-8.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HO, K. H.; NEWMAN, S. T. State of the art electrical discharge machining (EDM). **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 43, n. 13, p. 1287-1300, 2003. DOI:10.1016/S0890-6955(03)00162-7. Acesso em: 22 mar. 2023.

HOQUE, M. R.; AREFIN, M. S.; BAO, Y. The impact of business intelligence on organizations effectiveness: an empirical study. **Journal of Systems and Information Technology**, v. 17, n. 3, p. 263-285, 2015. DOI: 10.1108/JSIT-09-2014-0067. Acesso em: 18 fev. 2023.

JACKSON, A. Falling from a great height: Principles of good practice in performance measurement and the perils of top-down determination of performance indicators. **Local Government Studies**, v. 31, n. 1, p. 21-38, 2005. DOI: 10.1080/0300393042000332837. Acesso em: 25 mar. 2023.

JAGDEV, H. S.; BRENNAN, A.; BROWNE, J. **Strategic decision making in modern manufacturing**. Springer Science & Business Media, LLC. 2004. DOI 10.1007/978-1-4615-0365-1.

JAWAHIR, I. S.; WANIGARATHNE, P. C.; X. WANG, X. Product Design and Manufacturing Processes for Sustainability. **Mechanical Engineers' Handbook: Manufacturing and Management**, v. 3, p. 414–439, 2006. DOI: 10.1002/0471777463.ch12. Acesso em: 18 abr. 2023.

LU, Y.; RAJORA, M.; ZOU, P.; LIANG, S. Physics-Embedded Machine Learning: Case Study with Electrochemical Micro-Machining. **Machines**, v. 5, n. 1, p. 4, 2017. DOI:10.3390/machines5010004. Acesso em: 14 ago. 2023.

KAGANSKI, S.; MAJAK, J.; KARJUST, K. Fuzzy AHP as a tool for prioritization of key performance indicators. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1227–1232, 2018. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.097. Acesso em: 02 mar. 2023.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Organização orientada para a estratégia: como as empresas que adotam o *balanced scorecard* prosperam no novo ambiente de negócios**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 12 ed. 2000. Acesso em: 22 ago. 2023.

KERZNER, H. **Project management 2.0: leveraging tools, distributed collaboration, and metrics for project success**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 23 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

KIRSCHBAUM, C. Decisões entre pesquisas quali e quanti sob a perspectiva de mecanismos causais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, SciELO Brasil, v. 28, p. 179-193, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/gMvf8BmhVTVVy76wnBkVnnF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2023.

KOORNNEEF, H.; VERHAGEN, W. J. C.; CURRAN, R. A decision support framework and prototype for aircraft dispatch assessment. **Decision Support Systems**, v. 135, p. 113-338, 2020. DOI: 10.1016/j.dss.2020.113338. Acesso em: 21 fev. 2023.

KÜPPER, U; HERRIG, T.; KLINK, A.; D. WELLING, D.; BERGS, T. Evaluation of the Process Performance in Wire EDM Based on an Online Process Monitoring System. **Procedia CIRP**, v. 95, p. 360–365, 2020. DOI: 10.1016/j.procir.2020.0. Acesso em: 28 abr. 2023.

LO-LACONO-FERREIRA, V. G.; CAPUZ-RIZO, S. F.; TORREGROSA-LÓPEZ, J. I. Key Performance Indicators to optimize the environmental performance of Higher Education Institutions with environmental management system – A case study of Universitat Politècnica de València. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 846–865, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.184. Acesso em: 30 jan. 2023.

MARCHAU, V. A. W.; WALKER W. E.; BLOEMEN, P. J. T. M.; POPER, S. W. **Decision making under deep uncertainty, from Theory to Practice**. Springer International Publishing, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-05252-2.

MARCHISOTTI, G. G.; ALMEIDA, R. L.; DOMINGOS, M. L. C. Decision-making at the first management level: The interference of the organizational culture. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 19, n. 3, 2018, DOI: 10.1590/1678-6971/eRAMR180106. Acesso em: 28 fev. 2023.

MARR, B. **Key Performance Indicators - The 75 measures every manager needs to know**. Pearson UK, 2012.

MEIER, H.; LAGEMANN, H.; MORLOCK, F.; RATHMANN, C. **Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services**. Procedia CIRP, Cranfield, United Kingdom, v. 11, p. 99–104, 2013. DOI: 10.1016/j.procir.2013.07.056. Acesso em: 28 ago. 2023

MICROSOFT. **POWER BI**. 2023. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

NURA, A. A.; OSMAN, N. H. A Toolkit on effective decision-making measurement in organizations. **International Journal of Humanities and Social Science**, v. 2, n. 4, p. 296-303, 2012. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2bdaa029481dcf7631d35a79ecf314f5cf114a9f>. Acesso em: 12 maio. 2023.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228-1263, 2005. DOI: 10.1108/01443570510633639. Acesso em: 08 abr. 2023.

OBJECT MANAGEMENT GROUP: **Decision Model and Notation (DMN)**. V1.1, 2016. Disponível em: <https://www.omg.org/dmn/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ODWAŻNY, F.; WOJTKOWIAK, D.; CYPLIK, P.; ADAMCZAK, M. Concept for measuring organizational maturity supporting sustainable development goals. **LogForum**, v. 15, n. 2, p. 237-247, 2019. DOI: 10.17270/J.LOG.2019.321. Acesso em: 10 abr. 2024.

PAIM, R.; CARDOSO, V.; CAULLIRAUX, H.; CLEMENTE, R. **Gestão de processos: pensar, agir e aprender**. Porto Alegre: Bookman. 2009.

PARMENTER, D. **Key performance indicators: developing, implementing and using winning KPIs**. John Wiley & Sons, Inc. 2007.

PARMENTER, D. **Key performance indicators: developing, implementing and using winning KPIs**. John Wiley & Sons, Inc. ed. 4, 2019. DOI: 10.1002/9781119620785.c

PRIMAK, F. V. **Decisões com BI (Business Intelligence)**. Editora Ciência Moderna, v. 1, 2008.

SEBRAE: **Ferramenta 5W2H: entenda o que é e como usar na empresa**. 2024. Disponível em: <https://blog.sebraealagoas.com.br/gestao/ferramenta-5w2h-entenda-o-que-e-e-como-usar-na-empresa/>. Acesso em: 02 abr. 2024.

SCHRAGE, M.; KIRON, D. Leading with next-generation key performance indicators. **MIT Sloan Management Review**, v. 59, n. 4, p. 3-19, 2018. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/projects/leading-with-next-generation-key-performance-indicators/>. Acesso em: 18 fev. 2023.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. **Business Intelligence analytics and data science: a managerial perspective**. Pearson. ISBN-13: 9780134633282, 4 ed. 2017.

SHEN, J. **Investigation of how to implement successful KPIs for organizations—based on an empirical study at an international organization**. 2013, 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação) - School of Information and Communication Technology, Royal institute of Technology, Stockholm, Suécia, 2013.

SHERMAN, R. **Business intelligence guidebook: from data integration to analytics**. Elsevier and Morgan Kaufmann, 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SULTAN, T; KUMAR, A; GUPTA, R. D. Material removal rate, electrode wear rate, and surface roughness evaluation in die sinking EDM with hollow tool through response surface methodology. **International Journal of Manufacturing Engineering**, v. 2014, 2014. DOI: 10.1155/2014/259129. Acesso em: 11 dez. 2023.

THIEDE, S. Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): a synergetic approach to foster sustainable manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 116, p. 438-443, 2023. DOI: 10.1016/j.procir.2023.02.074. Acesso em: 08 jan. 2024.

TRIPATHI, P.; RANJAN, J. Data flow for competence management and performance assessment systems: educational institution approach. **International Journal of Innovation and Learning**, v. 13, n. 1, p. 20-32, 2013. DOI: 10.1504/IJIL.2013.050579. Acesso em: 10 set. 2023.

VALAKI, J. B.; RATHOD, C. D.; SANKHAVARA. C.D. Investigations on technical feasibility of Jatropha curcas oil-based bio dielectric fluid for sustainable electric

discharge machining (EDM). **Journal of Manufacturing Processes**, v. 22, p. 151–160, 2016. DOI: 10.1016/j.jmapro.2016.03.004. Acesso em: 10 maio 2023.

VARISCO, M.; JOHNSON, C.; MEJVIK, J.; SCHIRALDI, M. M.; ZHU, L. KPIs for Manufacturing Operations Management: driving the ISO22400 standard towards practical applicability. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 7–12, 2018. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.226. Acesso em: 04 abr. 2023.

VALLURUPALLI, V.; BOSE, I. Business intelligence for performance measurement: A case based analysis. **Decision Support Systems**, v. 111, p. 72-85, 2018. DOI: 10.1016/j.dss.2018.05.002. Acesso em: 30 set. 2023.

WEGGELAAR-JANSEN, A. M. J. W. M.; BROEKHARST, D. S. E.; DE BRUIJNE, M. Developing a hospital-wide quality and safety dashboard: a qualitative research study. **BMJ Quality & Safety**, v. 27, n. 12, p. 1000–1007, 2018. DOI: 10.1136/bmjqs-2018-007784. Acesso em: 18 abr. 2023.

WIEDER, B.; OSSIMITZ, L. The impact of Business Intelligence on the quality of decision making—a mediation model, **Procedia Computer Science**, v. 64, p. 1163 – 1171, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.599. Acesso em: 12 mar. 2023.

XU, M.; LUO, X.; ZHANG, J. Study on thermal stress removal mechanisms of hard and brittle materials during ultrasonic vibration assisted EDM in gas. **Third international conference on measuring technology and mechatronics automation. IEEE**, p. 597-600, 2011. DOI: 10.1109/ICMTMA.2011.720.

ZHU, L.; JOHNSON, C.; VARISCO, M.; SCHIRALDI, M. M. Key performance indicators for manufacturing operations management – gap analysis between process industrial needs and ISO 22400 standard. **Procedia Manufacturing**, v. 25, p. 82–88, 2018. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.06.060. Acesso em: 10 abr. 2023.

APÊNDICE 1 – CONTROLE DE CABEÇOTE

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, facilitando a reação rápida e definir prioridades
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, ajustador
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, disciplina dos colaboradores pode alterar informações
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim, com base nas prioridades definidas
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim, atualizações dependem
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 2 – FALHAS NO DIÂMETRO

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, este módulo de falha, impacta na eficácia do produto
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI está alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, ajustador
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim, conexão entre MAEs e monitoramento
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim, facilidade de interpretação pelo monitoramento
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, a cada 15 minutos monitoramento é atualizado
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim, contribui para manter as especificações dos produtos
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 3 – CUSTO DE FERRAMENTAS

Característica	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	Sim, com variação conforme volume de produção
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, valores estão registrados no SAP
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, a cada 15 minutos monitoramento é atualizado
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim, para não haver distorções entre os meses
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 4 – TEMPO DE CICLO

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	Sim, para atender a demanda
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, para atender a demanda
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, ajustador
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim, dados conectados
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, atualização a cada 15 minutos
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 5 – QUALIDADE EXTERNA

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, avaliando as ocorrências de não conformidades nos produtos nos clientes externos
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, quando ocorre uma reclamação externa oficial
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim, colabora também com a imagem externa sobre a qualidade
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 6 – QUALIDADE INTERNA

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, avaliando as ocorrências de não conformidades nos produtos nos clientes internos
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, se a informação não vier dos cliente interno
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim, melhorando a qualidade do processo
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, diariamente
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 7 – COMPETÊNCIA DOS COLABORADORES

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, fundamental para a produção dentro da diversidade de produtos e na operação e ajustes nas MAEs
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	Sim, trata da competência dos colaboradores de acordo com as atividades existentes

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Não, necessário realizar avaliação de conhecimento e técnica
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, porém não conectada e depende de avaliação do líder
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim, avaliando competência dos colaboradores
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 8 – SEGURANÇA OPERACIONAL

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	Sim, evitando acidentes e doenças ocupacionais

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim, informação consolidada pelo setor de medicina do trabalho da empresa
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim, avaliando potenciais riscos
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim, segurança dos colaboradores é
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 9 – PERCENTUAL DE EPEÇAS APROVADAS

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	Sim, sem desperdício de peças
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, quando não ocorre refugo ou retrabalho
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, aproveitamento das peças que entram no processo
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, informação tem que ser consolidada, pois não totalmente conectada
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim, diferença entre a quantidade que entrou e saiu do processo
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, diário, e também com acompanhamento de defeitos por MAE
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim, principalmente com qualidade
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 10 – VOLUME DE PRODUÇÃO

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	NA
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, para atender as demandas diárias e mensais
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim, para atender o faturamento planejado no mês
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim, dados disponíveis pela conexão com as MAEs
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, acompanhamento de hora em hora
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 11 – PRODUTIVIDADE DIRETA

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	Sim, relaciona tempo de trabalho da mão de obra direta
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	Sim, relaciona o custo do trabalho da mão de obra direta
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	NA
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim, utilizando com eficácia o tempo da mão de obra.
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, pela rotatividade das pessoas, pode haver distorções com o real
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim, optando melhor configuração de trabalho e alocando as pessoas conforme seus talentos
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim, relacionando quantidade de produção pela horas trabalhadas
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim, com foco na redução de desperdícios co mão de obra
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 12 – EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	Sim, ações planejadas reduzem custo de paradas
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, trata as perdas por qualidade não conforme
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	Sim, mantem performance das MAEs
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, líder do processo
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Não, informações não conectadas, apontamentadas pelos operadores
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, diariamente
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim

APÊNDICE 13 – CUSTO DE REFUGO

Dimensão	Questionamento	Resposta
1. Tempo	Refere-se à quantidade de tempo consumido ou atrasado na execução de um processo?	NA
2. Custo	Refere-se ao esforço, recursos ou receitas consumidas. Nesta dimensão em um processo produtivo é de natureza financeira?	Sim, do custo do refugo e retrabalho
3. Qualidade	Refere-se à satisfação com a especificação e execução em um processo e pode ser vista de pelo menos dois ângulos diferentes: do lado do cliente e do lado do participante do processo?	Sim, com relação aos desvios que ocorrem no processo
4. Flexibilidade	Possui a capacidade de reagir às mudanças sem gastos adicionais, perda de tempo ou perda de qualidade?	NA
5. Pessoas	Estabelece as competências e qualificações ideais para que a pessoa alcance um desempenho superior em seu trabalho?	NA

Característica	Questionamento	Resposta
1. Alinhado	O KPI esta alinhado com a estratégia e com os objetivos da organização e não prejudica outro involuntariamente?	Sim, eliminando os desperdícios com produtos fora das especificações
2. Propriedade	O KPI possui um proprietário que seja responsável por seu resultado?	Sim, ajustadores
3. Preditivo	O KPI não pode ser manipulado ou negligenciado?	Sim, dados são gerados pelos SAP
4. Acionável	Os responsáveis pelo KPI sabem como afetar positivamente o resultado do KPI?	Sim, com a correção dos desvios e melhoria contínua
5. Preciso	O KPI não reflete informações de outro KPI e possibilita a análise com precisão de uma atividade?	Sim
6. Simples	O KPI é compreensível e de fácil identificação?	Sim, existe variação conforme volume de produção
7. Oportuno	O KPI tem informações atualizadas com frequência suficiente?	Sim, frequência diária
8. Equilibrado	O KPI se reforça mutuamente com os demais KPIs?	Sim
9. Padronizado	O KPI é baseado em definições, regras e cálculos padronizados e os responsáveis concordam com as definições?	Sim
10. Correlacionado	O KPI ajuda a definir e medir continuamente o progresso em direção aos objetivos da organização?	Sim
11. Estratégico	O KPI pode se representar um equilíbrio dinâmico entre estratégia e processo?	Sim
12. Relevante	O KPI não perde gradualmente o seu impacto ao longo do tempo?	Sim