



# ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



## ESG nas Engenharias

30 a 02  
de dezembro 2022

### Aplicação da Metodologia Kaizen: Aumento de produtividade em uma linha de produção de uma metalúrgica localizada na cidade de Curitiba/PR.

**Filipe Eduardo Martins Guedes**  
Engenharia de Produção – UFPR

**Robson Seleme**

Engenharia de Produção – UFPR

**Izabel Cristina Zattar**

Engenharia de Produção – UFPR

**Ronald Aurélio Kocholik**

Engenharia de Produção – Centro Universitário Unifacear

**Resumo:** Este artigo é um estudo realizado em uma empresa do ramo metalúrgico localizada na cidade de Curitiba. Conta com a primeira parte, que descreve ferramentas da qualidade que terão o objetivo de dar suporte na definição de quais melhores ações a serem tomadas para que se atinja um objetivo comum: a melhoria do processo. Além disso, também é apresentado o problema em questão: atraso em uma etapa de produção de moldes de areia verde. Na segunda etapa são apresentadas as ferramentas da qualidade aplicadas ao cenário em que se busca a melhoria. Após definidas as ações a serem tomadas, é apresentada uma comparação entre o cenário de produção antes da melhoria e o cenário de produção após a melhoria por meio de ilustrações gráficas e fotos do chão de fábrica. Como resultado final, apresenta-se a automação da etapa de produção como opção mais viável.

**Palavras-chave:** Produção, melhoria, ferramentas, qualidade.

### Application of Kaizen Methodology: Increase in productivity in a production line of a Metallurgical located in the city of Curitiba/PR

**Abstract:** This work is a study carried at a metallurgical company located in the city of Curitiba. It has the first part, which describes quality tools that will have the objective of supporting the definition of what better actions to be taken to achieve a common goal: the improvement of the process. In addition, the problem in question is also presented: delay in one step of producing green sand molds. The second step presents the quality tools applied to the scenario in which improvement is sought. After the actions to be taken are defined, a comparison is made between the production scenario before the improvement and the production scenario after the improvement by means of graphical illustrations and photos of the factory floor. As a final result, the automation of the production stage is presented as a more viable option.

**Keywords:** Production, improvement, tools, quality.

## 1. Introdução

Este trabalho tem como base o estudo de pensadores como Taiichi Ohno, os quais desenvolveram suas metodologias, juntamente com muitas outras ferramentas da qualidade, com o objetivo de evoluir o processo de produção com vistas a alcançar melhor eficiência, redução de custos e eliminação de desperdícios. Entre as ferramentas, tem-se o 5 Porquês, *Brainstorming*, diagrama de *Ishikawa* e diagrama de Pareto, as quais são a base do presente artigo.

As ferramentas da qualidade se tornam essenciais no chão de fábrica quando se busca a maximização de lucros x diminuição do tempo de produção, fato este a ser demonstrado mediante a aplicação da metodologia Kaizen em uma linha de moldagem de uma empresa de fundição, localizada na Cidade Industrial de Curitiba, onde a quantidade de moldes produzidos por hora encontra-se muito abaixo da capacidade especificada pelo fabricante.

A Metodologia *Kaizen* se mostra como principal orientador desta pesquisa em busca da melhoria porque, além da empresa adota-la como uma de suas vertentes na busca do aperfeiçoamento de seus processos, é uma Metodologia muito estudada e conceituada entre diversos autores e grandes empresas, que demonstram na prática que o conceito, quando aplicado de maneira correta, traz ganhos significativos.

A questão problema encontrada na fábrica se localiza logo após a confecção dos moldes, onde ocorre o processo de furação do molde, o qual é realizado manualmente, possuindo o operador a necessidade de interromper a produção para que se possa realizar a etapa de furação, ocasionando parada de linha, aumento da sua indisponibilidade e a quebra de sequência contínua de produção.

A melhoria se faz importante para empresa devido ao nível de exigência do mercado, em que cada vez mais, por motivo de competitividade, os clientes vêm cobrando um custo menor e uma qualidade cada vez melhor, obrigando o setor industrial a estar em constante evolução, aperfeiçoando seus processos e reduzindo custos.

Este artigo teve como objetivos analisar e aplicar a metodologia Kaizen para aumentar a produtividade em uma linha de moldagem automática de uma empresa do ramo metalúrgico, definir as ferramentas de qualidade dentro da metodologia Kaizen para a definição dos planos de ação, e diminuir custos de produção.

Definiu-se a delimitação do tema como o aperfeiçoamento do processo de furação de moldes em uma linha semiautomática horizontal de moldagem de areia verde entre agosto de 2018 e maio de 2019.

No que diz respeito ao problema da pesquisa, a etapa de furação de moldes de areia verde da linha de moldagem é considerada um gargalo no processo produtivo devido a frequentes interrupções na etapa de furação do molde, o que ocorre devido à necessidade de mais tempo do operador para que complete a tarefa conforme as exigências dos processos seguintes.

## 2 Lean Manufacturing

O sistema de produção da Toyota é definido como *Lean Manufacturing*, visando a implantação da fabricação enxuta, ou seja, a produção sem desperdícios. (SANTOS, WYSK e TORRES, 2009). Um roteiro para o entendimento do pensamento Lean foi proposto por J. Womack e D. Jones no livro *Lean Thinking*: Os autores resumiram o pensamento Lean em cinco princípios: valor do produto, cadeia de valor do produto, fluxo da cadeia de valor, produção puxada e busca da perfeição. (RODRIGUES, 2014).

Compreende-se que “a fabricação enxuta é a sistemática de eliminação de desperdício”, segundo Santos, Wysk e Torres (2009), devendo seguir princípios para esta eliminação conforme demonstra a Figura 1.

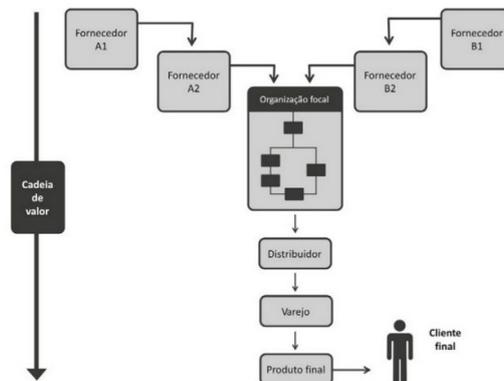
**FIGURA 1 – Princípios do Lean Manufacturing**



Fonte: Rodrigues (2014)

A Figura 2 demonstra um esboço da cadeia de valor, que é formada, segundo Rodrigues (2014), por todos os agentes que participam do processo de produção até o cliente final, como: fornecedores, organização focal, distribuidores, varejistas, entre outros.

**FIGURA 2 – Cadeia de Valor**



Fonte: Rodrigues (2014)

## 2.1 Kaizen

“O *Kaizen*, ao contrário da Reengenharia, que é a mudança total com quebra de paradigmas, é um processo de aperfeiçoamento contínuo, onde não há necessidade de redefinição do processo atual, bastando otimizá-lo”. (SHIGUNOV NETO E CAMPOS, 2004)

“*Kaizen* é sinônimo de melhoria e deve ser praticado por todos, em toda a empresa (é um contínuo aprimoramento que envolve a alta Administração, gerentes e operários)”. (SHIGUNOV NETO E CAMPOS, 2004)

Na estratégia utilizada pelo *Kaizen*, encontram-se alguns aspectos principais que são a qualidade, visando melhorá-la, reduzir e controlar custos, e a entrega pontual. O mau desempenho em alguma dessas características afetará a competitividade. (SHARMA, 2003).

## 2.2 Técnica Brainstorming

O “*Brainstorming* é uma técnica usada para gerar ideias rapidamente e em quantidade e pode ser empregada em várias situações” e utilizada por um grupo em que “os membros, cada um por sua vez, podem ser convidados a apresentar ideias relativas a um problema que esteja sendo considerado”. (PALADINI, 2012).

Na utilização do *Brainstorming*, são consideradas três fases distintas: “A primeira é aquela em que as ideias são geradas, a segunda é destinada à realização dos esclarecimentos relativos ao processo, e a terceira presta-se à avaliação das ideias propostas”. (SELEME, STADLER, 2013). Ressalta-se que o *Brainstorming* tem muita relevância, visto que é uma das etapas em que se busca agregar conhecimento à empresa. Como resultado de um *Brainstorming* elaborado de forma errada, podemos destacar o excesso de trabalho na busca por informações, que não agrega valor nem se chega, na maior parte das vezes, na solução mais adequada. (CAMPOS, 2008)

### 2.3 Diagrama de Ishikawa ou Causa e Efeito

“Em 1953, Ishikawa consolidou estudos realizados em uma fábrica na forma de um diagrama de causa-efeito. Essa gráfica permite estabelecer, após uma análise criteriosa, quais são as causas”, ou seja, problemas que iniciam a ocorrência do problema principal que faz com que o efeito ocorra. (SELEME, STADLER, 2013).

Os diagramas de causa-efeito, segundo Slack (2009), “tornaram-se extensivamente usados em programas de melhoramento. Isso deve-se ao fato de que fornecem uma forma de estruturar sessões de geração de ideias em grupo.” A estrutura do diagrama “envolve identificar possíveis causas sob a classificação de maquinário, força de trabalho, materiais, métodos e dinheiro”.

Ainda no pensamento de SELEME e STADLER (2013), “existem dois métodos representativos que podemos utilizar na construção desse diagrama:”

O diagrama de Ishikawa, segundo PALADINI (2012), “é uma maneira fácil de encontrar as causas que afetam a produção”. A figura 4 traz o efeito que se encontra em análise ao lado direito, geralmente na ponta da flecha. Os fatos que se reputam serem os maiores potenciais para os problemas ficam ao lado esquerdo mostradas como setas identificadas que se estendem até a seta que indica a causa principal. Destaca-se que cada seta pode ter muitas outras secundárias.

Cada uma das causas juntas, segundo SELEME e STADLER (2013), formam os 6M's: Materiais, Máquina, Método, Meio Ambiente, Mão de obra e Medida.

### 2.4 Jidoka

*Jidoka* é uma palavra de origem japonesa que significa automação. Segundo Santos, Wysk e Torres (2009, p. 9) “é uma forma de automação em que o maquinário inspeciona automaticamente cada item após produzi-lo, parando a produção e notificando os humanos quando detectado algum defeito.” *Jidoka*, para Slack, Chambres e Johnston (2007), significa “humanizar a interface entre operador e máquina”. A filosofia criada pela Toyota explicita que “a máquina está disponível para servir ao propósito do operador. O operador deve ser deixado livre para exercitar seu julgamento”.

A Toyota, segundo Santos, Wysk e Torres (2009), ampliou o significado de *Jidoka* para “incluir a responsabilidade de todos os trabalhadores e funcionar da mesma forma. Isto é: checar cada item produzido e não continuar caso detectado um defeito.” Para Sharma e Mood (2003), “*Jidoka* tem o objetivo de, além de atender o que o cliente necessita com a mais alta qualidade, otimiza a eficiência da manufatura no que diz respeito aos custos de produção.”

### 2.5 Cinco porquês

Segundo Oakland (1994), “trata-se de uma abordagem sistemática de fazer perguntas para assegurar-se de que são investigadas as raízes de um problema.”

“Consiste simplesmente em perguntar “por quê?” diversas vezes sucessivamente. Os criadores [...] sugeriram que seja perguntado “por quê?” no mínimo cinco vezes para assegurar-se de que a raiz seja verdadeiramente descoberta”. (OAKLAND, 1994)

Segundo Seleme e Stadler (2013), existem casos que não existe a necessidade de se perguntar no mínimo cinco vezes, dado que o problema em questão pode ser simples e facilmente ter sua causa raiz descoberta.

## 2.6 Diagrama de Pareto

Para Seleme e Stadler (2013) o Diagrama de Pareto “foi criado por Joseph Juran a partir de análises e estudos realizados pelo economista italiano Vilfredo Pareto e pelo americano Max Otto Lorenz.”

O Propósito do diagrama de Pareto é distinguir entre as “poucas questões vitais” e as “muitas questões triviais”. É uma técnica relativamente direta, que envolve classificar os itens de informação nos tipos de problemas ou causas de problemas por ordem de importância (geralmente medidas por “frequência de ocorrência”). (SLACK, CHAMBRES e JOHNSTON, 2007).

Segundo Malhotra, Ritzman e Krajewski (2009), é um gráfico de barras especializadas, em que “a frequência da ocorrência de itens é organizada em ordem decrescente e [...] adiciona-se uma linha de percentual acumulado”.

## 2.7 Produtividade

O conceito de produtividade tem abrangência ampla, segundo Martins e Laugeni (2010, p. 10) “uma delas, talvez a mais tradicional, é a que considera a produtividade como a relação entre o valor do produto e/ou serviço produzido e o custo dos insumos para produzi-lo”.

Moreira (2011) demonstra uma fórmula (FÓRMULA 1) para o cálculo da produtividade em certo período.

$$Prod = \frac{Q}{I} \quad (01)$$

Prod: produtividade absoluta no período.

Q: produção obtida no período.

I: insumos utilizados no período.

Moreira (2011, p. 607) ressalta que “[...] a produtividade dada pela fórmula 1 é dita absoluta e suas unidades de medida derivam diretamente das unidades de medida da produção e dos insumos”. Sendo assim, o próprio autor apresenta como exemplos “toneladas de cereal por hectare, carros produzidos por funcionário/ano, toneladas de aço por homem/ano etc”.

## 3. Metodologia

A presente pesquisa, quanto a abordagem, é definida como qualitativa e quantitativa. Atua como qualitativa por trabalhar com o universo de significados, valores e atitudes da linha de fundição da empresa estudada, visando identificar os gargalos e aplicar a metodologia Kaizen para excluir os gargalos existentes.

As características da pesquisa qualitativa são: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das

relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências. (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

A pesquisa se torna quantitativa ao coletar informações que podem ser quantificadas, “considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros”. Em decorrência, utiliza a ciência matemática para descrever os resultados obtidos por meio de instrumentos de pesquisa (questionário). (FONSECA, 2002).

Assim, a utilização conjunta da “pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente”. (FONSECA, 2002).

Quanto aos procedimentos utilizados, o estudo envolveu a pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica, segundo Fonseca (2002), é a base inicial de qualquer trabalho científico, permitindo ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. É efetuada mediante “o levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites.”

O estudo visa aprofundar o conhecimento de como e o porquê de uma determinada situação ocorrer buscando descobrir a existência de algo mais significativo. (GIL, 1996) No presente estudo, busca-se compreender como a metodologia Kaizen pode ser aplicada numa linha de produção visando a extinção de gargalos e a maximização de processos.

## 4. Resultados

### 4.1 Processo de Moldagem

O processo de moldagem em areia a verde “sempre foi e provavelmente continuará sendo por muito tempo o sistema mais barato de obtenção de peças fundidas, além de ser menos prejudicial à saúde do que a maioria dos processos químicos.” (ROMANUS, 2005).

A Máquina de confecção dos moldes é onde se encontra a problemática da pesquisa, totalmente automática na produção de moldes, com capacidade de 125 moldes/hora, onde devido a um atraso na furação de moldes, que ocorre após sua produção, compromete o seu tempo de ciclo e conseqüentemente a sua produtividade.

Após a produção do molde pela máquina citada anteriormente, a atividade de furação do molde (Figura 3) é feita manualmente por meio de um dispositivo manuseado pelo operador e com acesso dificultado ao molde. Devido a essas condições, com frequência o operador tem a necessidade de interromper o funcionamento da máquina de moldes para que sejam feitos todos os furos com a qualidade exigida pela etapa seguinte. Por conseqüência da interrupção da máquina, a produção de moldes também é constantemente paralisada, o que ocasiona tempo de máquina ocioso, ou seja, custos desnecessários.

**Figura 3 – Operador furando o molde de areia**



**FONTE: A empresa (2018)**

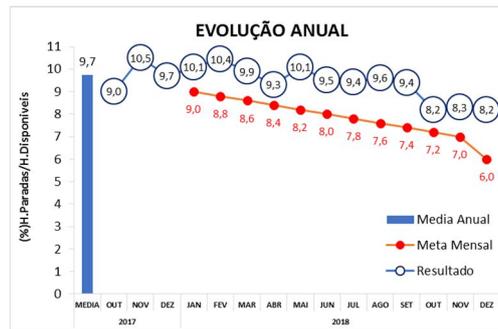
### 4 Fase 1

Neste capítulo são apresentados os passos da fase 1 da linha de moldagem em areia verde, linha esta que está com os seus principais indicadores fora da meta definida pela companhia. Diante deste cenário, fizemos o levantamento de todos os indicadores monitorados pela companhia, de

uma forma bem focada na linha de moldagem em areia verde. Com o aprofundamento dos dados colhidos, até chegar ao principal motivo pelo qual a sua produtividade está sendo afetada.

Coletaram-se dados específicos das paradas por motivo de produção para levantamento de informações e um histórico maior da linha de moldagem, nosso objeto de estudo. Analisando o Gráfico 1 onde o Pareto em azul indica que se obteve um fechamento de 9,7% em 2017, não atendendo, ficando fora da meta, que era de 9% no mês de dezembro, e durante todo o ano de 2018 a linha em azul sempre oscilando fora da meta, linha decrescente em vermelho, tendo um fechamento do mês de dezembro em 8,2% contra uma meta de 6%, ficando novamente acima e não atendendo a meta definida pela companhia. O objetivo do Gráfico 1 é demonstrar que para estar dentro da meta é necessário que a média anual esteja abaixo da linha vermelha, que representa a meta mensal limite de paradas que devem ser buscadas.

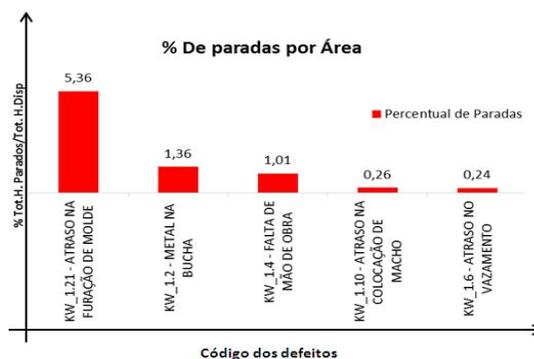
**Gráfico 1 – Percentuais de contribuição de paradas ocasionadas pela produção**



**FONTE: A empresa (2018)**

Diante das informações colhidas no Gráfico 1, nota-se a necessidade de um aprofundamento maior quanto às falhas responsáveis pelas interrupções; sendo assim, estratificados os principais motivos de paradas e o percentual que cada um contribui dentro de um total de 8,2%, foi possível analisar que somente uma falha era responsável em 5,36% do geral de paradas da linha, contabilizando um total de 65% de todo o geral apontado dentro dos 5 principais defeitos, ficando evidente a necessidade de se intervir no defeito 1.21 (“Atraso na furação do molde”), conforme Gráfico 2.

**Gráfico 2 – Percentuais de paradas ocasionados na produção/moldagem**



**FONTE: A empresa (2018)**

Diante de todo o cenário apresentado, se obteve acesso à quantidade média de moldes produzidos por hora durante os meses de Outubro/Novembro e Dezembro de 2017 e durante todo o ano de 2018, (Gráfico 3). A linha contínua em vermelho é referente à meta de 90 moldes definida pela companhia; a linha azul com os resultados é referente ao fechamento de cada mês.

O objetivo do Gráfico 3 é demonstrar a quantidade média de moldes produzidos por hora a cada mês e apresentar a meta que deve ser buscada, linha vermelha, que é de 90 moldes por hora em média no mês.

Pode-se notar que em todos os meses que o praticado ficou fora da meta, linha contínua em vermelho, não atendendo ao objetivo imposto pela empresa, que é superar a produção média de 90 moldes por hora durante o mês.

**Gráfico 3 – Evolução mensal de molde/hora**



**FONTE: A empresa (2018)**

Com base nos gráficos apresentados, notou-se a necessidade de se realizar um trabalho para melhorar a eficiência dessa linha, como na companhia já usou-se a ferramenta *Kaizen* optamos pela aplicação da mesma, aplicando algumas ferramentas da qualidade para melhor assertividade das ações, uma vez já evidenciado as principais causas. Foi nomeado um líder para a gestão da aplicação da ferramenta *Kaizen* e uma equipe de 10 pessoas, para coordenar a aplicação das seguintes ferramentas da qualidade: *Brainstorming*, *Ishikawa*, 5 Porquês. Em seguida será apresentada passo a passo a aplicação de cada uma delas.

*Brainstorming* – Com a equipe reunida em uma sala foi aberto para todos os colaboradores a expor suas ideias, desde as mais relevantes até as mais insignificantes, não desconsiderando nenhuma. Em seguida as ideias passaram por uma primeira filtragem, onde toda a equipe analisou detalhadamente a cada uma, definindo a coerência ou não as causas do problema (Figura 4).

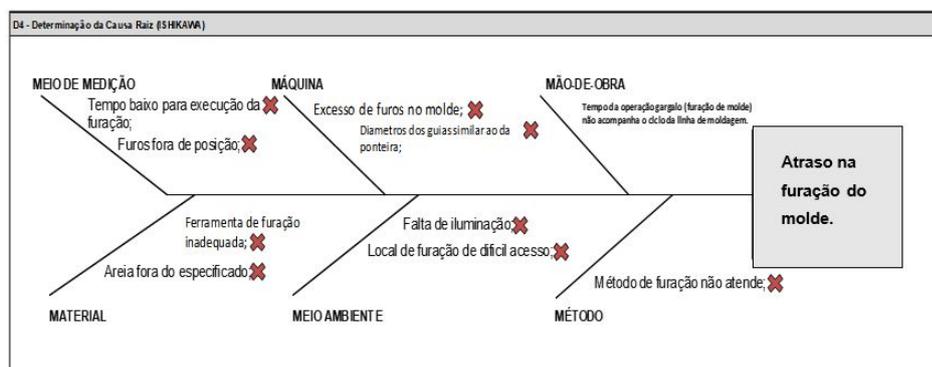
**Figura 4 – Brainstorming atraso na furação do molde**

BRAINSTORMING ( ATRASO NA FURAÇÃO DO MOLDE	
<input type="checkbox"/>	MÉTODO DE FURAÇÃO NÃO ATENDE;
<input type="checkbox"/>	NÚMERO DE COLABORADORES NÃO ATENDE;
<input type="checkbox"/>	FERRAMENTA DE FURAÇÃO INADEQUADA;
<input type="checkbox"/>	TEMPO DE CICLO DA MÁQUINA ABaixo DO ESPECIFICADO;
<input type="checkbox"/>	EXCESSO DE FURROS NO MOLDE;
<input type="checkbox"/>	FALTA DE ILUMINAÇÃO;
<input type="checkbox"/>	LOCAL DE FURAÇÃO DE DIFÍCIL ACESSO;
<input type="checkbox"/>	DIÂMETRO DOS GUIAS SIMILAR AO DA PONTEIRA;
<input type="checkbox"/>	FADIGA DO OPERADOR;
<input type="checkbox"/>	TEMPO BAIXO PARA A EXECUÇÃO DA FURAÇÃO;
<input type="checkbox"/>	AREIA FORA DO ESPECIFICADO;
<input type="checkbox"/>	POSTO DE TRABALHO NÃO ATENDE NECESSIDADE;
<input type="checkbox"/>	ESTATURA DO OPERADOR INCOMPATÍVEL;
<input type="checkbox"/>	MÃO DE PEGAR NÃO FAVORÁVEL;
<input type="checkbox"/>	FURROS FORA DE POSIÇÃO;
<input type="checkbox"/>	TEMPO DE OPERAÇÃO GARGALO NÃO ACOMPANHA O CICLO DA LINHA DE MOLDAGEM.

**FONTE: A empresa (2018)**

Na Figura 4, as ideias foram todas analisadas pela equipe, que acabou por descartar as que se encontram tachadas, passando, assim, para a próxima fase apenas as que não estão tachadas. Diagrama de Causa e Efeito (*Ishikawa*) – Após a aplicação do *Brainstorming* conforme Figura 4, onde foram levantados os possíveis motivos que estariam ocasionando a alta indisponibilidade da linha de moldagem, com o intuito de elaborar o Diagrama de Causa e efeito conforme (Figura 5), foram distribuídas as ideias dentro dos 6 M's e feita uma segunda filtragem, descartando as não relevantes com um "X" até que se chegasse as causas potências pelo qual a linha vinha sofrendo por atraso na furação dos moldes.

**Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)**



**FONTE: A empresa (2018)**

Dentro das possíveis causas potências, foi definida pela equipe a causa mais provável e que está impactando diretamente na causa raiz do problema “TEMPO DA OPERAÇÃO GARGALO (FURAÇÃO DO MOLDE) NÃO ACOMPANHA O CICLO DA LINHA DE MOLDAGEM”.

Em seguida realizado os 5 porquês até se chegar na causa raiz do que está atrasando a etapa de furação do molde (Figura 6) para definição do plano de ação.

**Figura 6 – Método dos 5 porquês**

Ocorrência	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?
<b>Atraso na linha de montagem</b>	Tempo da operação (furação do molde) não acompanha o ciclo da linha de montagem.	Não foi previsto a etapa de furação de molde para a demanda de peças produzidas atualmente.	A operação de molde é feita manualmente.	Não foi previsto um meio automático para realização do processo de furação do molde.	

**FONTE: A empresa (2018)**

Em seguida definido plano de ação (Figura 7), data e responsável por abrir “SC” (Solicitação de Compra) e por conduzir a implantação da automatização da etapa de furação dos moldes, solução essa extraída após a finalização dos 5 Porquês (Figura 6).

**Figura 7 – Plano de Solução**

PLANO DE SOLUÇÃO MOLDAGEM						01/12/2018	
ITEM	ÁREA	SOLUÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATU	COMENTÁRIOS	PROJETO
1	MÁQUINA DE MOLDAR	INICIAR AQUISIÇÃO AQUISIÇÃO DE ROBÔ PARA AUTOMATIZAÇÃO DA ETAPA DE FURAÇÃO DE MOLDE.	LUIZ/GIOVANNI	15/12/2018	100%	* Orçamento dos robôs "OK" "SC 287881" * Orçamento dos equipamentos "OK"	Automatização do processo de furação dos moldes.

**FONTE: A empresa (2018)**

Diante dos gráficos e definição da ação a ser tomada, automatização da etapa de furação de moldes, além da relação existente entre a empresa em que ocorre o estudo e a fabricante de robôs Kuka, a equipe envolvida na melhoria concluiu pela compra do modelo KR 16 – 2F, com capacidade de 16 Kg de carga, alcance de 1.611 mm, movido a ar comprimido. O custo total, considerando o transporte e implantação, é de R\$ 220.000,00. A figura 8 demonstra o modelo:

**Figura 8 – ROBÔ KUKA KR 16-2 F**



**FONTE: <https://www.robots.com/robots/kuka-kr-16-2-f>**

## 4.2 Fase 2

Através dos dados coletados na empresa, será demonstrada a evolução após a implementação da automação da etapa de furação de moldes de areia, realizada em janeiro de 2019.

Primeiramente, a figura 9 mostra o robô implantado e em operação no mês de março de 2019.

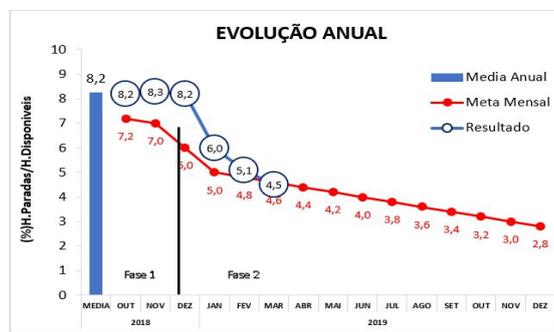
**Figura 9 – ROBÔ KUKA KR 16-2 F em operação**



**FONTE: A empresa (2019)**

O Gráfico 4 traz a evolução anual após a automatização na etapa de furação de moldes de areia. Em comparação com o Gráfico 3, nota-se que houve uma evolução significativa, ou seja, uma queda de 3,7% na média mensal de horas paradas. Além disso, a tendência indicada pelo Gráfico 4 é um indicativo de que a meta será alcançada no decorrer do ano, o que vai ao encontro do estudo deste trabalho, com a diminuição de paradas, consequentemente maior produtividade e menos desperdícios.

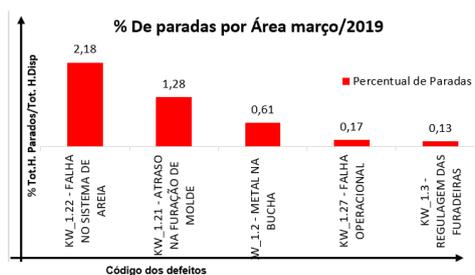
**Gráfico 4 – Percentuais de contribuição de paradas ocasionadas pela produção**



**FONTE: A empresa (2019)**

O Gráfico 5 traz o atual cenário estratificado, apontando a porcentagem de cada interrupção na área de produção em que se encontra a máquina de produção de moldes de areia, no mês de março de 2019, e a meta definida em que se busca a redução das paradas, linha diagonal vermelha com valores decrescentes.

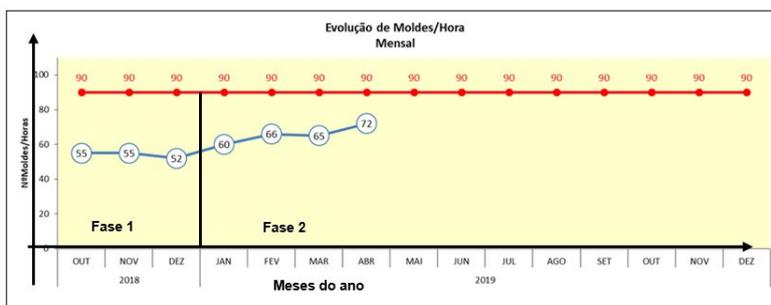
**Gráfico 5 – Percentuais de contribuição de paradas ocasionadas pela produção/moldagem**



**FONTE: A empresa (2019)**

O Gráfico 6 demonstra, a partir de janeiro de 2019, a evolução da quantidade média de moldes produzidos por hora em cada mês após a implementação da melhoria. Notadamente existe uma evolução crescente, chegando à média de 72 moldes por hora no mês de abril, tornando a produção de moldes por hora mais próxima à meta definida, linha vermelha, que é de 90 moldes por hora. Quando comparado com o mês de dezembro de 2018, verifica-se que houve um aumento progressivo no primeiro quadrimestre de 2019, alcançando 20 moldes por hora a mais que o último mês de 2018.

**Gráfico 6 – Evolução mensal molde/hora**



**FONTE: A empresa (2019)**

A fim de demonstrar o custo da automatização e qual tempo necessário para que se ocorra o retorno do investimento, segue a comparação dos passos 1 (Antes da automatização) e 2 (Após automatização):

Receita da fase 1: Um colaborador mão de obra por turno; (salário base R\$ 3.000,00 + encargo trabalhistas R\$ 6.000,00). Média de 61 moldes hora/dia no ano de 2018. **(61 moldes X 4 peças = 244 peças X 40 kg = 9.760 kg X R\$ 2,00 = R\$ 19.520,00 x 8h = R\$156.160,00).**

Receita da fase 2: Economia da mão de obra operacional, realocando o mesmo para a execução de outra tarefa dentro da empresa. Média até o mês de abril de 66 moldes hora/dia **(66 moldes X 4 peças = 264 peças X 40 kg = 10.560 kg X R\$ 2,00 = R\$ 21.120,00 X 8h = R\$ 168.960,00).**

**Quadro 1 – Comparação de lucro e redução diária entre os passos 1 e 2**

	FASE 1	FASE 2
Moldes Hora	61	66
Número de peças por molde	4	4
Peso peça	40kg	40kg
Horas trabalhadas (horas)	8	8
Custo do metal (kg)	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Receita Bruta. (Dia)	R\$ 156.160,00	R\$ 168.960,00
Receita líquida. (Dia)		R\$ 12.800,00
Custo mão de obra.	R\$ 272,00	R\$ -
Custo do investimento.	R\$ 220.000,00	
Pagamento do valor investido (dias)	17,18	

**FONTE: A empresa (2019)**

O quadro 1 traz uma comparação do lucro médio líquido arrecadado por dia nos passos 1 e 2. Na coluna do passo 1 é apresentado os valores usados na base do cálculo para se chegar a receita antes da automatização da linha de moldagem (passo 1), na coluna do passo 2 os mesmos valores já com o acréscimo de moldes hora e a redução do custo da mão de obra após a automatização da linha de moldagem. Ressalta-se que os ganhos no passo 2 (após a automatização da etapa de furação), têm como base os quatro primeiros meses de 2019, o que não significa continuidade, pois muitos outros fatores internos e externos podem influenciar.

Após a automatização da linha de moldagem, a economia da mão de obra e o aumento de moldes/hora, a empresa passou a ter um aumento de caixa só em valores diários mensuráveis de R\$ 12.800,00 e a redução de um custo de R\$ 272,00, referente ao deslocamento do funcionário que na fase 1 era responsável em realizar a operação manualmente. Calculando o retorno desse investimento que custou à empresa um valor de R\$ 220.000,00, é possível afirmar que esse valor investido retornará à empresa após 1 mês, período esse em que somente o aumento da produtividade pagará o valor investido pela companhia, sem considerar os ganhos não mensuráveis, que após a automatização da linha, os produtos que utilizam furação passaram a ter um desempenho melhor da qualidade, devido à melhora da cadencia da linha.

## 5. Conclusão

Conclui-se no estudo, que para toda melhoria almejada é necessário um estudo teórico de metodologias existentes para um melhor direcionamento e efetividade dos objetivos que se buscam. Isto se mostrou presente neste estudo, em que por meio do estudo da metodologia Kaizen foi possível definir uma base teórica e definir as ferramentas da qualidade que melhor nos auxiliaram na ação para a causa raiz do problema.

Com a aplicação das ferramentas **Brainstorming, Ishikawa e 5 porquês**, foi possível se chegar a causa raiz do problema em uma máquina de moldagem, em que a sua produtividade estava bem abaixo da sua capacidade nominal, fazendo com que em apenas 2 meses após a ação extraída da aplicação da ferramenta da qualidade de automatizar uma etapa que era realizada manualmente, o indicador da meta de percentual de paradas fosse alcançado, o que significou um aumento diário de 6 moldes por hora, o que por mês chega a contabilizar um aumento de 105 moldes hora, aumentando a sua receita diária em R\$ 12.800,00 ao dia, e trazendo mais repetibilidade ao processo, uma vez que a etapa de furação de moldes foi retirada da mão do homem.

## Referências

- CAMPOS, Vicente Falconi. **O verdadeiro poder**. 2 ed. São Paulo: Falconi, 2008.
- FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Orgs). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campos, 1993.
- MALHOTRA, M. RITZMAN, L. KRAJEWSKI, L. **Administração de Produção e Operações**. 8° ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil LTDA, 2009.
- OAKLAND, John S. **Gerenciamento da Qualidade Total – TQM**. São Paulo: Nobel, 1994.
- ONO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. São Paulo: Bookman, 1997.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- RODRIGUES, M. V. **Sistema de Produção Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- ROMANUS, Arnaldo. **Moldagem em Areia a Verde**. São Paulo: Global Market, 2005.
- SANTOS, J.; WYSK, R. A.; TORRES, J. M. **Otimizando a Produção Com a Metodologia Lean**. São Paulo: Hemus, 2009.
- SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da Qualidade: As ferramentas Essenciais**. Curitiba: Intersaberes, 2013.
- SHARMA, A. MOOD, P. E. **A Máquina Perfeita**. Rio de Janeiro: Pearson Brasil, 2003.
- SHIGUNOV Neto, Alexandre, Campos Mirella M.F. **Manual de Gestão da Qualidade Aplicado aos Cursos de Graduação**. Rio de Janeiro: Forense, 2004.
- SLACK, N. CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.