



# **INDUSTRIA 4.0 NA MELHORIA DE UM PROCESSO DE TORREFAÇÃO DE CAFÉ: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC ASSISTIDA POR MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

**Luiz Henrique Ferreira de Moraes (Centro Universitário de Belo Horizonte)**

[luizhenriquefm@hotmail.com](mailto:luizhenriquefm@hotmail.com)

**Vladimir Alexei Rodrigues Rocha (Universidade Federal de Minas Gerais)**

[vla.alexei@gmail.com](mailto:vla.alexei@gmail.com)

**Renata Duarte Mellim (Centro Universitário de Belo Horizonte)**

[renatamellim16@gmail.com](mailto:renatamellim16@gmail.com)

**Flávio Henrique Batista de Souza (Centro Universitário de Belo Horizonte)**

[flabasouza@yahoo.com.br](mailto:flabasouza@yahoo.com.br)

*Este trabalho tem como objetivo demonstrar um aumento da performance operacional de uma indústria alimentícia, por meio da eliminação do tempo de parada de máquina causado pela realização de um teste de qualidade. Para abordar este problema foi utilizado a metodologia DMAIC e ferramentas da qualidade na análise e identificação dos pontos críticos, além de um software de desenho assistido por computador (CAD) para visualizar a solução proposta. O trabalho se desenvolveu seguindo a metodologia de pesquisa-ação e foi implementado pelo autor. Os resultados se mostraram bastante satisfatórios visto que a solução proposta foi aplicada na empresa e na fase de controle de projeto, foi constatado que a solução implementada cumpriu o objetivo de realizar o teste de qualidade sem parar o equipamento. Dentre as contribuições, pode-se citar que após implementar uma nova ferramenta de içamento e pesagem desenhadas em CAD, a um custo de aproximadamente R\$ 45.000,00, gerou-se uma produção de 4,80 toneladas a mais por dia o que daria 1.723 toneladas a mais por ano de café torrado.*

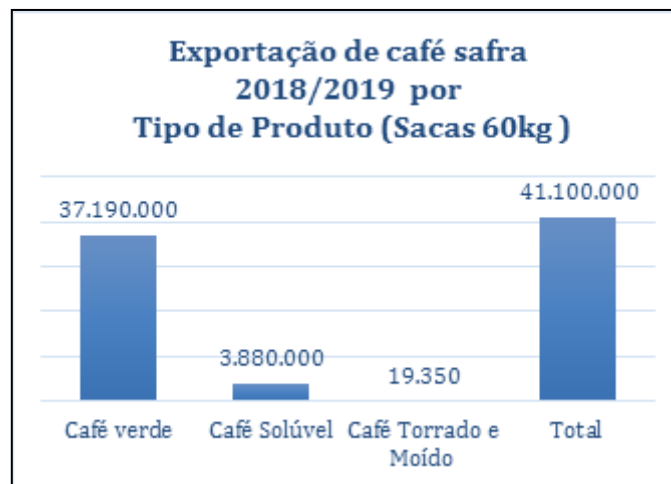
*Palavras-chave: Melhoria de processos; Desenho Assistido por Computador; CAD; DMAIC; Modelagem e Simulação.*

## 1. Introdução

A importância do café no Brasil tem sido passada de geração em geração. Desde a chegada do café no país até os dias atuais, este grão tem sido consumido diariamente pela população. Em diversos locais, o ato de se reunir e compartilhar da bebida originada pelo mesmo se tornou algo cultural. Segundo informações obtidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017), o Brasil é o maior produtor de café do mundo sendo responsável por, aproximadamente, 30% da produção mundial. Além disso, o país ocupa o segundo lugar como maior consumidor mundial.

Devido à grande capacidade de produção do país, e a qualidade reconhecida, mundialmente, do café brasileiro, o Brasil também se tornou referência na exportação. Conforme informado por Salomão (2019), dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, e do Conselho dos Exportadores de Café, das 59,9 milhões de sacas de 60kg produzidas na safra de 2018/2019 no país, foram exportados um total de 68,6% de sacas de 60kg. Entretanto, conforme gráfico da Figura 1, o volume de café industrializado, que se trata do produto final, é muito pequeno se comparado com as sacas de café verde, considerado insumo. Essa diferença reflete diretamente nos ganhos financeiros do mercado brasileiro de café, visto que, o valor agregado do café industrializado chega a valer mais que o dobro do valor cobrado pela saca de café verde.

Figura 1 - Volume de Café Exportado



Fonte: Adaptado de Salomão (2019)

Para que seja possível alterar o cenário atual, com o aumento no volume de café industrializado que é exportado, é necessário que o Brasil produza cafés com alto padrão de qualidade. Isso é importante, pois, o mercado externo despreza os cafés tradicionais. Entretanto, além do café de alta qualidade, é essencial que o processo seja muito bem controlado e que o produto final tenha um preço competitivo.

Um dos problemas encontrados na indústria, que interfere diretamente na performance operacional e produtiva, está relacionado com o teste de torra, também conhecido como teste de torração. O objetivo deste teste é identificar o quanto o grão perde de massa após o processo de torra. Com essa informação é possível, também, identificar, com precisão, qual câmara de torra está fora dos parâmetros pré determinados. Entretanto, o tempo gasto para realização do teste, devido a limitações físicas do local e ferramentais, era muito alto, impactando negativamente na produção.

Segundo Lisboa et al. (2019) e Souza et al. (2019), processos industriais podem ser alicerçados por otimizações através do uso de ferramentas organizacionais da qualidade, além de ferramentas de modelagem e simulação que podem conduzir melhorias com o mínimo de gastos com insumos ou riscos produtivos.

Com base no problema apresentado e as ferramentas mencionadas, o presente trabalho tem por objetivo aumentar a performance produtiva da planta industrial reduzindo o tempo gasto na execução do teste de torra em um grande produtor de Minas Gerais. Para isso, como objetivos específicos visa-se realizar análises, por meio da utilização de ferramentas de qualidade (destacando-se o Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, 5 porquês, fluxograma de processo e 5W2H) para identificação da demanda, além de aplicar a metodologia de melhoria contínua DMAIC para proposta de otimização, e elaborar simulações 3D da planta para avaliação de propostas.

A pesquisa se justifica pelo cenário apresentado, pela relevância econômica, e pela demanda de melhorias que uma empresa de grande porte apresenta.

## **2. Fundamentos Teóricos**

### **2.1. Mercado de café no Brasil**

O café chegou no Brasil no ano de 1727, trazido da Guiana Francesa para a cidade de Belém, localizada no estado do Pará, à pedido do Governador do Maranhão e Grão Pará. A solicitação para importar o café veio do governador, visto que, naquela época o café já possuía grande valor comercial. Além disso, o alto valor agregado ao produto proporcionou ao café uma grande notoriedade na economia brasileira conforme Rodrigues et al. (2015)

O Brasil já foi considerado como responsável por 30% da produção mundial de café e é o segundo maior consumidor do mundo. A justificativa para essa grande produção no país se deve pela qualidade do solo e pelo clima favorável ao cultivo da planta. Devido a essas características

é possível produzir bebidas com diversas singularidades e, principalmente, permite a criação de infinitos sabores e aromas, de acordo com o tipo de café e a região do grão.

Além da importância cultural, a produção de café no Brasil é responsável por empregar milhares de pessoas (8,4 milhões em 2017, de acordo com o Ministério Da Agricultura, Pecuária E Desenvolvimento, 2017). Outro número expressivo relacionado ao café é referente as exportações. Conforme informações de Maliszewski (2020), em 2019 o café representou cerca de 5,3% das exportações nacionais do agro. Ademais, o valor bruto da produção - VBP, previsto para 2020 deve ficar na casa dos R\$ 27 bilhões.

## 2.2. Ferramentas da qualidade

Segundo Bassan (2020), as ferramentas da qualidade são uma série de técnicas e metodologias focadas na identificação e priorização de problemas. Além disso, estas ferramentas têm como objetivo propor soluções e verificar a eficácia das ações propostas. Dentre as ferramentas da qualidade, cinco foram utilizadas para auxiliar no aumento da performance produtiva da planta industrial em questão:

- **Fluxograma de Processo:** uma maneira visual e rápida de se compreender um processo. Nele é possível detalhar cada atividade de forma sequencial, por meio de simbologias que identificam o início, o fim, os documentos gerados, os pontos de decisão e os possíveis pontos críticos no processo (BASSAN, 2020).
- **Ishikawa:** conforme Seleme e Stadler (2008), com o intuito de se encontrar as causas do problema, o diagrama de Ishikawa separa as possíveis causas em 6 tópicos: materiais, meio ambiente, mão de obra, medida, máquina e método.
- **Brainstorming:** segundo Seleme e Stadler (2008), seu objetivo é levantar o maior número de informações pertinentes ao fato analisado, para encontrar uma possível causa e solução para o problema em pauta.
- **5 Porquês:** os 5 porquês consistem em logo após identificar uma falha, deve-se perguntar 5 vezes porquê a falha ocorreu e assim será encontrada a causa raiz do problema, mas, nem sempre é necessário perguntar por quê 5 vezes para identificar a causa do problema (SELEME e STADLER, 2008)
- **Folhas de Verificação:** é uma forma de coleta de dados simples, que consiste em ter uma folha ou quadro, para anotação da quantidade de itens que apresentaram variação fora do limite pré- determinado (CÉSAR, 2011).

Tais ferramentas são os fundamentos da aplicação da qualidade no processo proposto neste trabalho.

### **2.3. Modelagem e simulação**

Utilizando da modelagem é possível interpretar processos complexos, descobrindo os gargalos e possíveis pontos de melhoria sem se desprender de grandes recursos ou correr riscos realizando alterações ineficazes ao processo (BIAVA e DAVALOS, 2018). Após um projeto de simulação estar criado, é possível alterá-lo para analisar várias situações diferentes do processo, realizar projeções de um longo período de tempo em poucos minutos, podendo visualizar as variáveis mais influentes e tomar a decisão de como alterar o processo para obter ganhos mais consideráveis (TREVISAN e SAMPAIO, 2017).

#### **2.3.1. Modelagem CAD**

O CAD (Computer Aided Design), cuja tradução livre é Desenho Assistido por Computador (DAC), é o nome genérico de sistemas computacionais (software) utilizados pela engenharia e outras áreas de exatas, para auxiliar na elaboração de projetos e desenhos técnicos.

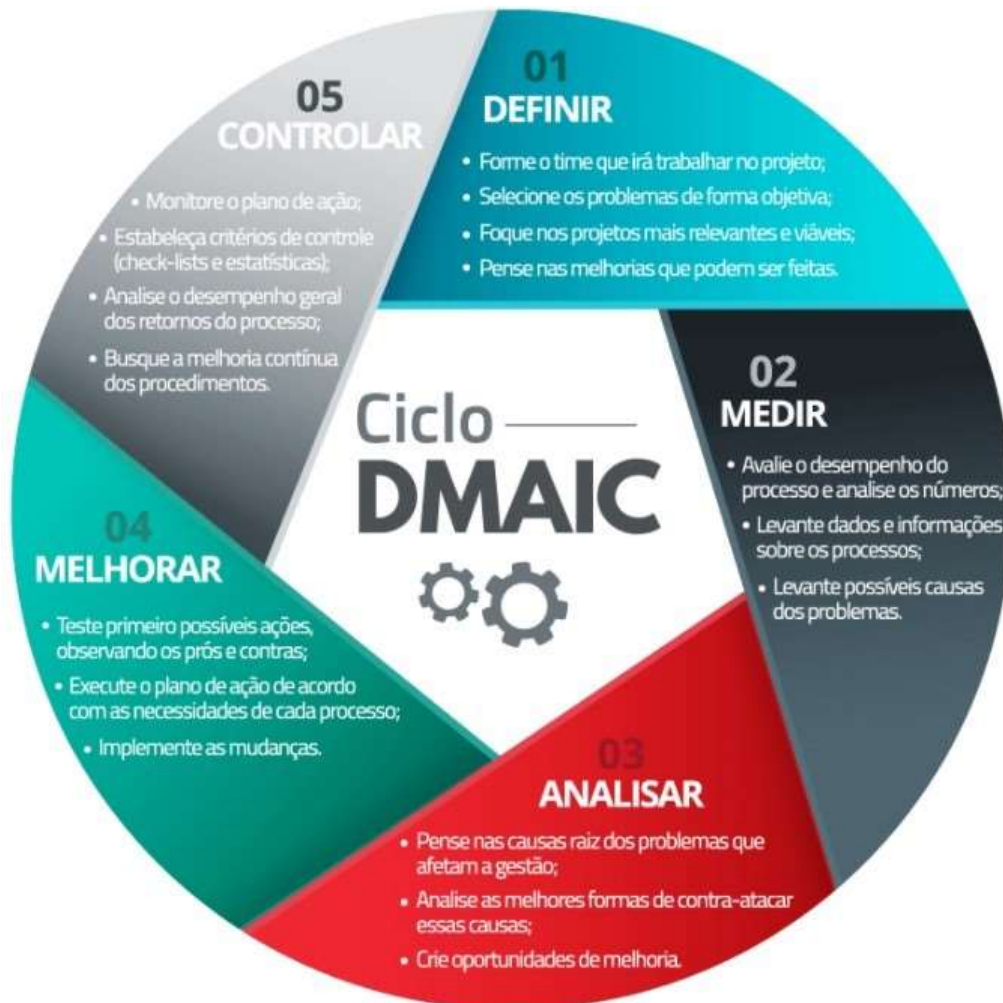
Os softwares CAD são fundamentais na representação gráfica de um projeto, pois, com um modelo 3D a proposta se torna mais concreta para o potencial cliente. Através da simulação CAD é possível mostrar ao cliente do projeto o resultado final proposto, fazer alterações de projeto em tempo real e simular novos fluxos produtivos, identificando o leiaute mais vantajoso para a empresa sem se desprender de grande esforço para realizar testes em campo (SOARES, et al., 2011)

### **2.4. DMAIC**

O método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) é uma ferramenta elaborada com base nas práticas de eliminar desperdícios Six Sigma, sendo comumente utilizada para ajudar empresas a melhorar os processos de trabalho já existentes eliminando suas falhas (WERKEMA, 2006).

O ciclo DMAIC consiste em 5 etapas, como demonstrado na Figura 2, com o intuito de definir, medir, analisar, melhorar e controlar os pontos de variabilidade do processo, onde, cada uma das etapas exige que seja aplicado uma gama de ferramentas estatísticas e de qualidade para melhoria do processo de fabricação. (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

Figura 2 - Etapas DMAIC



Fonte: Andrade (2017)

Para cumprir as 5 etapas do DMAIC de forma eficaz, é imprescindível o engajamento da equipe, e que a mesma esteja bem estruturada e com tarefas bem definidas para cada integrante.

A separação de tarefas em projetos Six Sigma é dada pelo nível de certificação que cada integrante possui, sendo elas: Master Black Belt, Black Belt, Green Belt, Yellow Belt e White Belt.

Além das características comportamentais da equipe, a aplicação das ferramentas de análise certas nas etapas corretas, como mostra a Figura 3, aumenta a chance de sucesso na melhoria de processo proposta (WERKEMA, 2006).

Figura 3 - Ferramentas por fase do DMAIC



Fonte: Autores (2021).

## 2.5. Trabalhos Relacionados

Este tópico tem como objetivo identificar alguns trabalhos que possa enriquecer o conteúdo aqui mencionado. Visto que a otimização do tempo gasto para realização do teste de torra de cafés é algo bem específico, foi escolhido dois trabalhos do ramo alimentício (café e iogurte) que obtiveram sucesso na aplicação da metodologia DMAIC para melhoria de processos ou aplicação de modelagem e simulação para propor investimento.

Em ambos os trabalhos foram identificados problemas crônicos no processo produtivo, que geravam um gargalo considerável na produção das respectivas empresas, e, com a aplicação do DMAIC e da modelagem foi possível visualizar de forma clara e comprovar de forma matemática a possibilidade de ganho financeiro através da melhoria de processos.

Um dos trabalhos relacionados foi o de Lima e Neto (2018), executado em uma indústria do segmento cafeeiro mas em outra etapa do processo produtivo. Enquanto o trabalho aqui descrito priorizou a etapa de torrefação para gerar ganhos produtivos no trabalho relacionado foi priorizado o setor de empacotamento. Em ambos a metodologia escolhida para identificar variabilidade e apresentar melhorias foi o DMAIC, mas as ferramentas escolhidas para dar corpo ao projeto foram diferentes, com exceção do fluxograma de processos.

Após aplicar todas as etapas do método DMAIC, os pontos de melhoria priorizados na área de empacotamento foram focados em mudanças nas máquinas de empacotar, sendo eles, melhoria

do software da máquina e dupla solda na embalagem, estimando uma redução de 91% no desperdício de embalagem.

Através de dados coletados na empresa de laticínios, Araújo et al. (2019) explica foi possível realizar uma modelagem matemática através do software Arena, que foi comparada com a produção real e gerado um intervalo de confiança estatístico. Após atestar a precisão do software de simulação, foi rodado um modelo computacional para simular o processo produtivo, evidenciando uma oportunidade de ganho no processo. Após comprovar matematicamente a possibilidade de ganho, foi realizado uma simulação CAD sugerindo um novo leiaute fabril com a aquisição de novos equipamentos.

Através da modelagem matemática e modelagem CAD do leiaute, foi possível comprovar com segurança que os investimentos sugeridos vão surtir o efeito projetado.

### **3. Metodologia**

Para a elaboração deste trabalho, o método aplicado foi de pesquisa-ação, que possibilitou observar como é aplicado à metodologia DMAIC para melhoria de um processo de qualidade em uma torrefação de uma indústria alimentícia.

Segundo Tanajura e Bezerra (2014) a aplicação da pesquisa-ação surgiu para interligar a teoria com a prática, dando ao pesquisador a possibilidade de intervir durante o processo com inovações ao invés de sugerir uma recomendação ao final da pesquisa.

Para identificar a oportunidade de melhoria em relação ao tempo gasto com o teste de torra, foram realizadas análises quantitativas utilizando uma base de dados que é gerada diariamente, através do relatório de paradas de cada máquina. Este foi preenchido pelo operador, de um intervalo de junho de 2019 a abril de 2020.

O software utilizado para a modelagem CAD foi o Sketchup®. A realização da modelagem contou com várias visitas à área produtiva para realizar dimensionamento de máquinas com o intuito de modelar o espaço físico com a maior semelhança possível no ambiente virtual, tendo assim, maior confiabilidade.

Por fim, esta pesquisa conta com uma avaliação de viabilidades alcançadas mediante as otimizações propostas via simulação.

### **4. Resultados**

#### **4.1. Análise de perdas e viabilidades**

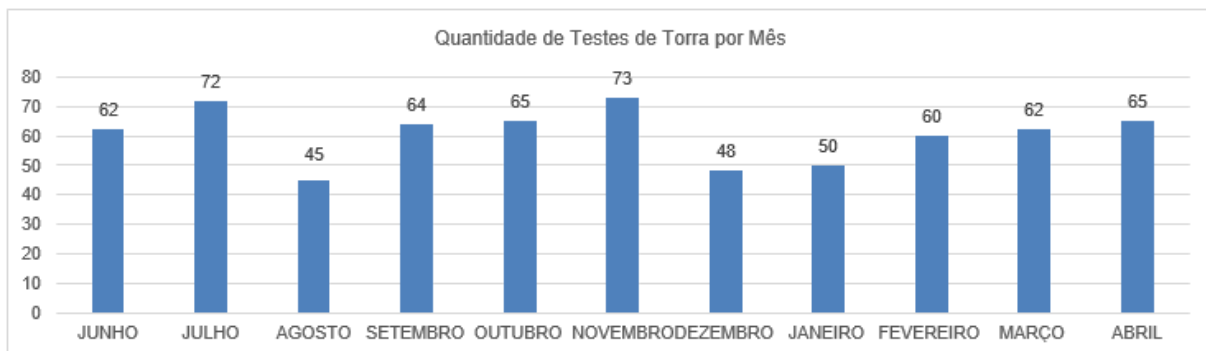


Através de consultas ao manual técnico das máquinas (“D” do DMAIC), foi identificado que a produção nominal do equipamento é de 4.150kg/hora de café torrado, já por consulta estatística à base de dados da empresa, foi constatado que o equipamento tem uma performance de 86,7%, ou seja, uma produção por hora de 3.600kg, em relação ao identificado no manual técnico.

Realizando outra análise à base de dados da empresa, foi constatado que a máquina fica parada em média por 40 minutos à cada teste realizado. Como são realizados, em média, 2 testes ao dia, a máquina deixa de produzir em um dia, uma média de 4.800kg de café torrado, conforme demonstrado nas figuras 4 e 5.

Após análise destas paradas, foi constatado a oportunidade de ganho de tempo de produção por meio da redução do tempo gasto em teste de torra.

Figura 4 Gráfico quantidade de teste de torra por mês



Fonte: Autores (2021).

Figura 5 - Tempo anual de máquina parada para realizar teste de torra

	N° Teste	Tempo (min)	Tempo Total (min)	Tempo Total (horas)	Impacto Produção Torrefação (ton)
Quantidade de Teste / Dia	2	40	80 min	1,33 horas	4,80 ton
Quantidade de Teste / Mês	60	40	2.400 min	40,0 horas	144,4 ton
Quantidade de Teste / Ano	716	40	28.640 min	477,33 horas	1.723 ton

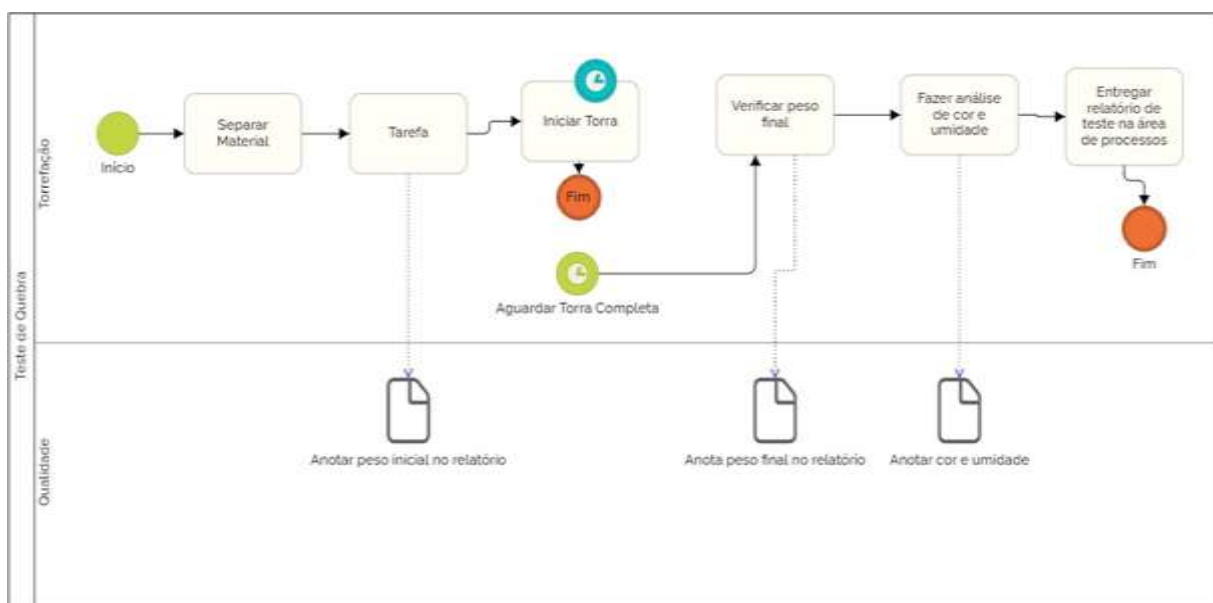
Fonte: Autores (2021).

O ganho projetado foi realizado considerando a produção nominal por hora do torrador com 90% de performance. Para identificar os gargalos que faziam com que o teste de torra demorasse 40 minutos, foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade, dentre elas, o fluxograma e o diagrama de Ishikawa (“M” do DMAIC), juntamente com o acompanhamento in loco.

Após documentar o processo de teste de torra com fotos, construiu-se um fluxograma (Figura 6) de processo e aplicou-se o diagrama de Ishikawa (Figura 7) para identificar pontos críticos em relação ao processo.

Assim, após definir os principais pontos e categoriza-lo no diagrama, o próximo passo foi realizar um *brainstorming* (figura 8), com os gestores responsáveis pelo setor e com os operadores da torrefação. Por fim, levantou-se as possíveis causas raízes aplicando a técnica dos cinco porquês (Figura 8), encontrando-a após a aplicação do terceiro porquê (“A” do DMAIC).

Figura 6 Fluxograma de processo teste de torra



Fonte: Autores (2021).

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2021).

Figura 8 – Avaliação através dos 5 porquês



Fonte: Autores (2021).

Figura 9 – Resultados do *Brainstorming*



Fonte: Autores (2021).

Após definir que a causa raiz do problema era “falta de ferramenta para manipulação e pesagem”, realizou-se novo *brainstorming* (“I” do DMAIC), para coletar ideias a fim de eliminar a causa raiz do problema. Através desse novo *brainstorming* foram realizadas modelagens de acordo com três cenários, em CAD, para definir qual o melhor atenderia à demanda identificada.

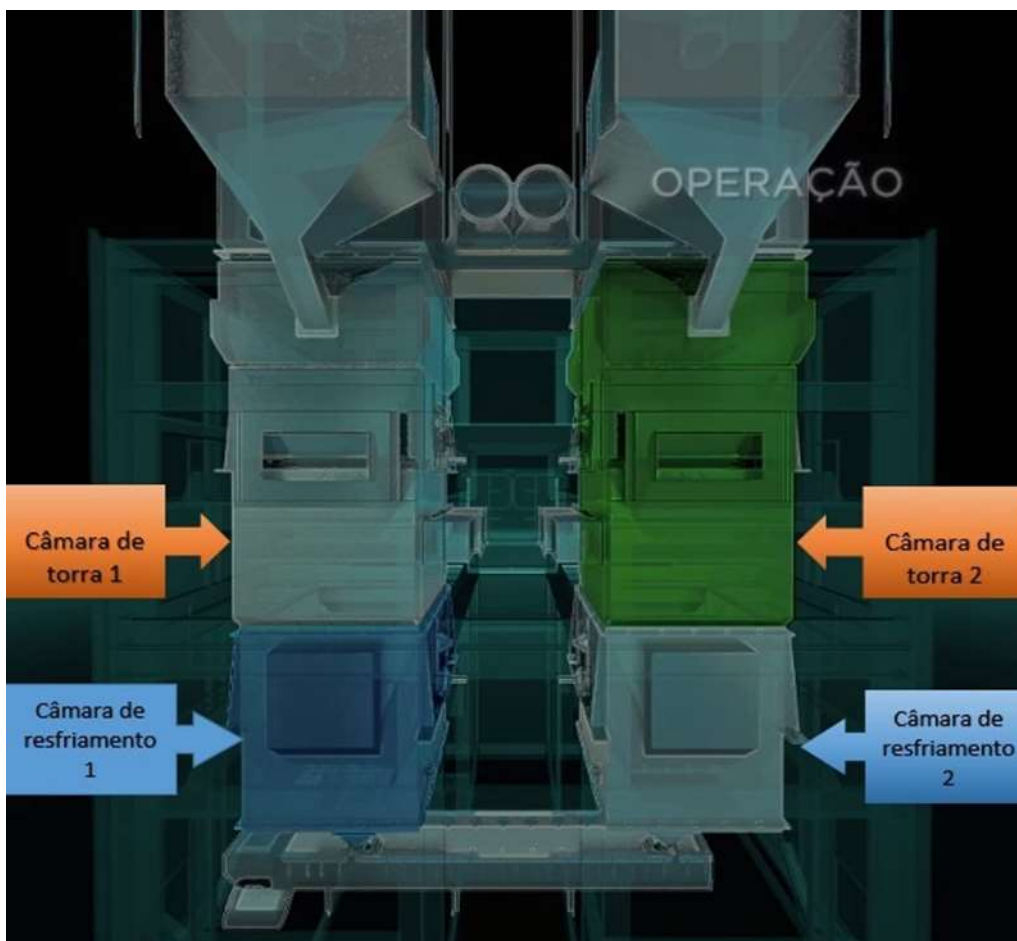
#### 4.2 Modelagem e simulação de processos

Para viabilizar o projeto foi necessário coletar dados das câmaras de torra 1 e 2 e câmara de resfriamento 1 e 2, figura 10, dos 5 torradores presentes na planta industrial.

Os principais dados de entrada coletados, foram o tempo de torra, tempo de resfriamento e tempo de descarga por câmara de cada máquina, medidos em segundos. Foram colhidos os dados por meio do software da máquina por 1 semana. Para viabilizar o teste foi necessário retirar o café torrado, que passa pela câmara de torra e resfriamento 1, sem ter contato com o café que passa pela câmara de torra e resfriamento 2. A soma do tempo de resfriamento e descarga do café torrado da câmara 1 deve ser menor que o tempo de torra e resfriamento da câmara 2 e vice-versa.

O torrador opera alternando o processo de torrefação entre as câmaras, enquanto o café da câmara 1 está torrando, a câmara 2 está recebendo café verde para pré-aquecimento (Figura 11).

Figura 10 – Câmaras do torrador



Fonte: Adaptação dos Dados Fornecidos pelo Fabricante (2016).

Figura 11 – Torra câmara 1 e entrada café verde câmara 2



Fonte: Adaptação dos Dados Fornecidos pelo Fabricante (2016).

Após finalizar a torra da câmara 1, o café torrado da câmara 1 é transportado por gravidade para a câmara de resfriamento 1, onde o café fica resfriando antes de ser descarregado. Enquanto o café torrado na câmara 1 está sendo resfriado, a torra do café pré-aquecido na câmara 2 é iniciada (Figura 12).

Para constatar a viabilidade da operação e iniciar a simulação CAD (“C” do DMAIC), foi aplicada a seguinte fórmula:

Se  $TDR1 < TGR1$  e  $TDR2 < TGR2$  então é viável fazer a simulação.

Sendo que  $TDRi$  é o tempo disponível para retirada da máquina  $i$  e  $TGRi$  é o tempo gasto para retirada do café.

Após coletar os dados do tempo de torra, foi constatado a viabilidade do novo processo, pois, o tempo médio de retirada do café de todas as 5 máquinas foram menores que o tempo médio disponível para retirar o café, como mostra tabelas 1 e 2.

Sendo assim, a modelagem CAD para visualizar a nova forma de realizar o teste foi viabilizada.

Tabela 1 – Dados de saída Câmara 1

<b>Tempo Médio Câmara 1 (segundos)</b>				
<b>Máquina</b>	<b>Tempo Torra Câmara 1</b>	<b>Tempo Resfriamento Câmara 1</b>	<b>Tempo disponível para retirar café torrado da Câmara 1</b>	<b>Tempo gasto retirar café torrado</b>
1	115	35	165	120
2	100	37	120	85
3	110	40	145	100
4	105	31	160	95
5	107	32	133	120

Fonte: Autores (2021).

Tabela 2 – Dados de saída Câmara 2

<b>Tempo Médio Câmara 2 (segundos)</b>				
<b>Máquina</b>	<b>Tempo Torra Câmara 2</b>	<b>Tempo Resfriamento Câmara 2</b>	<b>Tempo disponível para retirar café torrado Câmara 2</b>	<b>Tempo para retirar café torrado</b>
1	120	45	150	120
2	85	35	137	85
3	95	50	150	100
4	100	60	136	95
5	91	42	139	120

Fonte: Autores (2021).

Figura 12 – Resfriamento café câmara 1 e início torra câmara 2

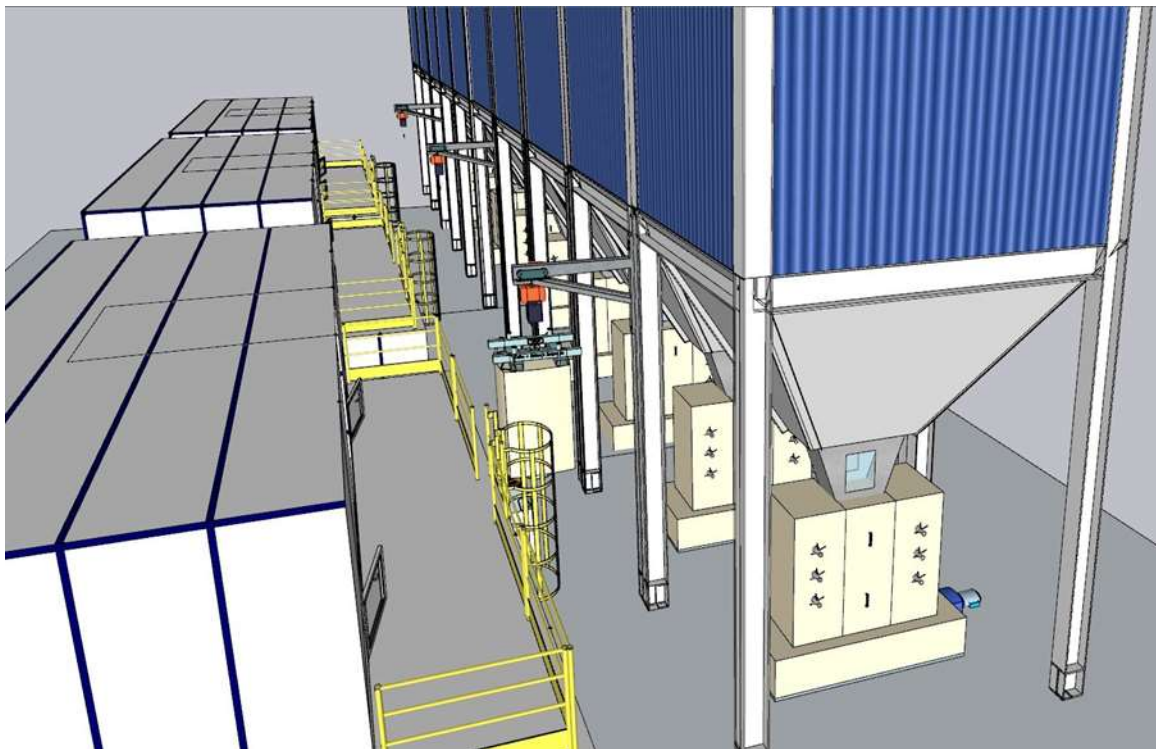


Fonte: Adaptação dos Dados Fornecidos pelo Fabricante (2016).

Após constatar a viabilidade de se retirar o café da câmara de resfriamento 1 antes da descarga da torra da câmara 2, abstraiu-se o layout fabril da área de torrefação em uma simulação CAD com o intuito de demonstrar a nova proposta de realização do teste de torra (Figura 13). Desconsiderou-se a variação de tempo de retirada do café torrado, pois é uma variação inerente ao processo, ocasionada pela automação de cada equipamento e que não causou inviabilidade nos testes realizados.

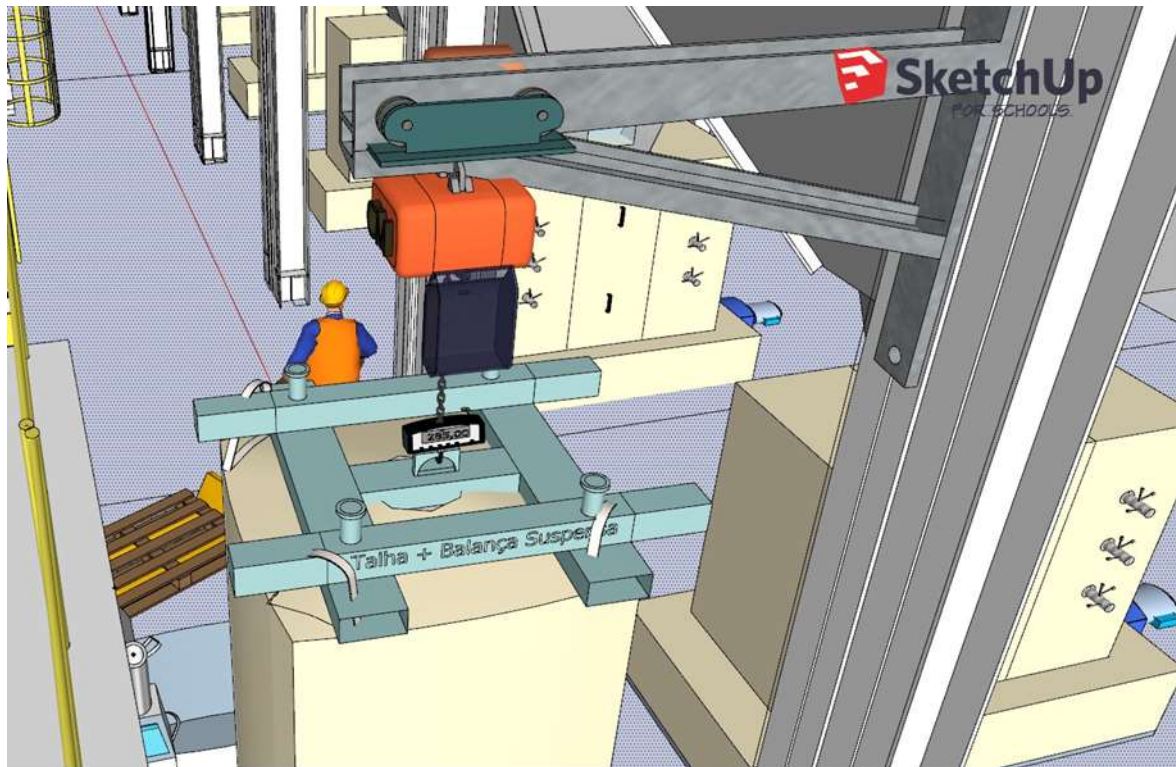
Em função da simulação (Figura 14) ter sido realizada por um software, a incerteza de sucesso do projeto ficou por conta da relação da descarga de café torrado do *big bag* (saco a granel intermediário), para o torrador.

Figura 13 – Layout da área de torrefação com dispositivo instalado



Fonte: Autores (2021).

Figura 14 Simulação CAD Teste de Torra



Fonte: Autores (2021).

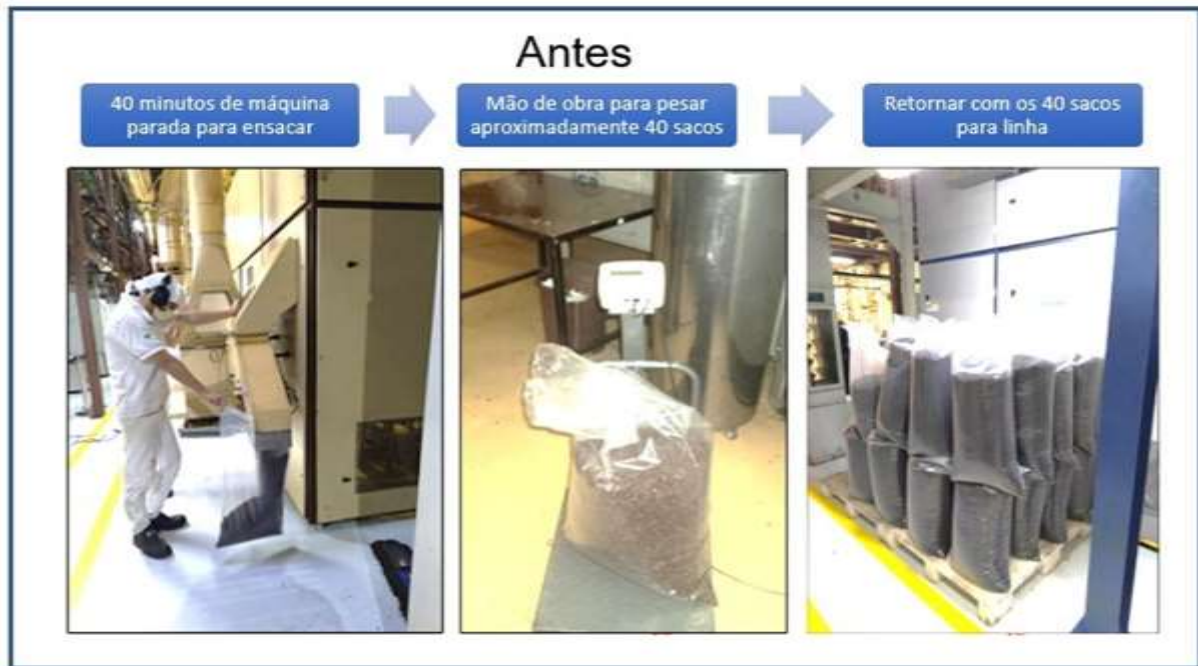
A simulação contribuiu com o processo de recomendação de compra e implementação do equipamento proposto. Tal resultado foi demonstrado ao setor de projetos, que realizou um processo de avaliação de medidas e testes para implantação da otimização.

#### 4.3. Comparação de eficiência

Como mostra a Figura 15, são gastos 80 minutos diários para a realização de 2 testes, o que representa deixar de produzir 4,80 toneladas de café por dia e 1.723 toneladas anuais, visto que a planta industrial opera 24 horas por dia. Após implementar a nova ferramenta de içamento e pesagem desenhadas em CAD, demonstrado na Figura 16, cujo custo aproximado é de R\$ 45.000,00, o teste passou a ser realizado sem que houvesse parada de máquina, conforme a Figura 17, o que gerou uma produção de 4,80 toneladas a mais por dia e uma projeção de 1.723 toneladas a mais por ano de café torrado.



Figura 15 – Execução Teste de Torra antes da mudança



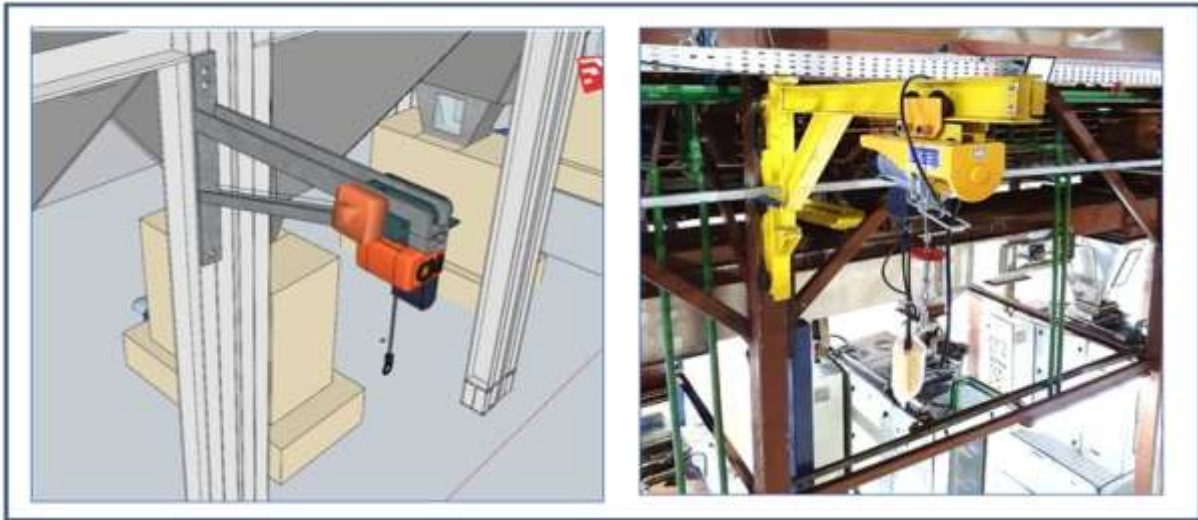
Fonte: Autores (2021).

Figura 16 – Execução Teste de Torra com sugestão



Fonte: Autores (2021).

Figura 17 – Dispositivo desenhado CAD x Dispositivo real instalado



Fonte: Autores (2021).

Por fim, com o método sugerido implementado (Figura 17), é possível um maior número de testes realizados sem obter impacto negativo na produção, gerando um aumento na confiabilidade e rastreabilidade de qual equipamento pode estar com alguma variação fora do comum no processo de torra, permitindo uma análise mais assertiva para identificar desvios na produção.

## 5. Conclusão

Com a aplicação da metodologia DMAIC, ferramentas da qualidade e uma solução em desenho assistido por computador (CAD), foi possível sugerir à área de projetos a instalação de um dispositivo para otimizar o tempo gasto para realização de um teste de qualidade na produção. Após a implementação do projeto, foi constatada a efetividade da metodologia DMAIC em identificar, analisar, melhorar e controlar o processo, gerando a possibilidade de aumentar a produtividade em mais de 1700 toneladas anuais, que se converteriam em recursos financeiros extras, melhorando o custo e a performance do negócio.

Por fim, conclui-se que o objetivo inicial da pesquisa foi alcançado, pois, a solução implementada cumpriu a expectativa de retirar o café torrado do equipamento sem que houvesse parada.

Visando trabalhos futuros, caberia testar novos layouts produtivos, assim como aplicar outras técnicas de “*lean manufacturing*” para reduzir desperdícios e melhorar os resultados alcançados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Luiza. O que é ciclo DMAIC e como utilizar? **Portal Siteware**. 2017. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/o-que-e-ciclo-dmaic/>>. Acesso: 21 de Setembro de 2020.

ARNHEITER, Edward D.; MALEYEFF, John. The integration of lean management and six sigma. **The TQM Magazine [online]**, vol.17, n.1, pp. 5–18, 2005.

ARAÚJO, Adolfo Vicente, QUEIROZ, Daniel Marçal de, ARCANJO, Gemima Santos, DIAS, Santos Henrique Brant, ALVES, Renato Martins, PINTO, Francisco de Assis de Carvalho, VALENTE, Domingos Sárvio Magalhães. Aumento da produção diária de iogurte com modelagem e simulação de processos. **Cienc. Rural [online]**. vol.49, n.1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180187>

BASSAN, Edilberto. **Ferramentas Avançadas Da Qualidade**. Clube de Autores (managed), 2020.

BIAVA, Ivan, DAVALOS, Ricardo Villarroel. Um Estudo De Modelagem E Simulação De Uma Linha De Produção De Mortadela Visando Incorporar Estratégias Competitivas. **XXXIV Encontro Nacional De Engenharia De Produção**. Curitiba. 2014.

CÉSAR, Francisco I. Giocondo. **Ferramentas básicas da qualidade**. biblioteca24horas, 2011

LIMA, José Luis Alves de; NETO, Mario de Souza Nogueira. Lean Seis Sigma: estudo de caso em uma indústria de torrefação de café. Lean Seis Sigma: estudo de caso em uma indústria de torrefação de café, p. 1-388–416.

LISBOA, Adriano Chaves DE SOUZA, Flávio Henrique Batista, RIBEIRO, César Monteiro, MAIA, Carlos Andrey, SALDANHA, Rodney Resende, CASTRO, Felipe L. B., VIEIRA, Douglas Alexandre Gomes. On Modelling and Simulating Open Pit Mine Through Stochastic Timed Petri Nets. **IEEE Access**, v. 7, p. 112821 - 112835, 2019.

MALISZEWSKI, Eliza. Café gera 8,4 milhões de empregos. **Portal AGROLINK**. 2020. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/cafe-gera-8-4-milhoes-de-empregos\\_437875.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/cafe-gera-8-4-milhoes-de-empregos_437875.html)>. Acesso: 31 de Agosto de 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Café no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira#conteudo>>. Acesso: 31 de Agosto de 2020.

MONTENEGRO, Gildo A. **Desenho arquitetônico**. Editora Blucher, 2017.

RODRIGUES, Helena Leandro; DIAS, Frederico Divino; DE CARVALHO TEIXEIRA, Natália. Origem do Café no Brasil: A Semente Que Veio Para Ficar El origen del café en Brasil: La semilla que vino para quedarse. **In: Revista Pensar Gastronomia**, v.1, n.2, jul. 2015

SALOMÃO, Raphael. Brasil bateu recorde com exportação de café na safra 2018/2019. **Revista Globo Rural**. 2019. Disponível em:  
<<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Cafe/noticia/2019/07/brasil-bateu-recorde-com-exportacao-de-cafe-da-safra-20182019.html>>. Acesso: 31 de Agosto de 2020.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Editora Ibpe, 2008.

SOARES, João Pedro Marcante, LEMOS, Fernando de Oliveira, ARAÚJO, César Luciano Klanovicz de, HANSEN, Peter Bent. A contribuição da simulação computacional para a análise sistêmica da reestruturação de layout e otimização de recursos na manufatura celular: estudo de caso em uma célula de uma empresa do ramo automotivo. **Revista Produto & Produção**, v. 12, n. 3, p. 49-68, 2011.

SOUZA, Flávio Henrique Batista de; SILVA, Daniela Gonçalves; MELLIM, Renata Duarte, ROCHA, Vladimir Alexei Rodrigues. Ferramentas Organizacionais Assistidas por Tecnologia Mobile em uma Indústria de Fundação de Médio Porte. **In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, 2019.

TANAJURA, Laudelino Luiz Castro, BEZERRA, Ada Augusta Celestino. A Pesquisa-ação sob a ótica de René Barbier e Michel Thiollent: aproximações e especificidades metodológicas. **Revista eletrônica pesquiseduca**, v. 7, n. 13, p. 10-23, 2015.

TREVISAN, Fernando Zipperer; SAMPAIO, Murylo Gustavo. **Análise e estudo da aplicação de softwares de modelagem e simulação industrial e de processos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**, Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006, 120p. - (Seis Sigma; v.4) Edição: 1ª