

# Aplicação do método DMAIC com uma abordagem sustentável com ênfase na redução de resíduo industrial: um estudo de caso no processo de desenvolvimento de uma empresa calçadista

## RESUMO

**Thiarles Silva De Vargas**

[Thiarles.sv@gmail.com](mailto:Thiarles.sv@gmail.com)

Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT), Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil

**Glaucia Oberherr**

[Glaucia.oberherr@bol.com.br](mailto:Glaucia.oberherr@bol.com.br)

Universidade FEVALE (FEVALE), Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa quantitativa cuja finalidade foi a redução do volume gerado de resíduos industriais do processo de desenvolvimento de uma empresa calçadista localizada na região metropolitana do Rio Grande do Sul. Para a elaboração da pesquisa, foi empregada a metodologia DMAIC, composto pelas ferramentas da qualidade para tomada de ações sustentáveis com base em conceitos como redução, reutilização e reciclagem (3Rs), tendo como foco a atuação nas causas raízes dos problemas responsáveis pela geração dos resíduos industriais. Dentre as ações da pesquisa para eliminar as causas, pode-se citar a incorporação de novas tecnologias de máquinas e *softwares* no processo de fabricação de amostras de calçados e a criação de padrões de trabalhos que favoreceram a melhor utilização dos recursos. Como resultado, obteve-se a redução 30,45% do volume médio por par de resíduos sólidos industriais (kg/par), redução de 86,61% do volume médio por par de efluente líquido industrial (l/par), redução de 81,10% no custo operacional de tratamento e destinação de resíduos industriais, e um retorno financeiro estimado em 12 meses de R\$ 138.264,20.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo Sólido Industrial. Efluente Líquido Industrial. DMAIC.

## INTRODUÇÃO

A década de 1970, do século XX, configura-se como um marco da inclusão da preocupação ambiental na sociedade, no qual o modelo de desenvolvimento econômico posto desde a revolução industrial é questionado, surgindo, então, uma nova concepção que inclui os aspectos ambientais (LIRA; CANDIDO, 2013; PHILIPPI JÚNIOR; SAMPAIO; FERNANDES, 2017). Essa abordagem decorre da compreensão que os recursos naturais são finitos, expressando, assim, a preocupação com o comprometimento da expansão do consumo frente à capacidade de suporte da natureza (MACHADO JÚNIOR *et al.*, 2012).

Nesta mesma linha, Orth *et al.* (2014) afirmam que a produção de resíduos industriais constitui uma forma de degradação do meio ambiente que assola a humanidade. Silva e Leite (2016) citam que a grande diversidade das atividades industriais ocasiona, durante o processo produtivo, a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, os quais podem contaminar o solo, a água e o ar. No tocante a este ponto, Souza A. *et al.* (2013) consideram que os resíduos industriais são uma problemática ambiental, devido à presença de materiais perigosos ao meio ambiente, à saúde pública e também devido à dificuldade crescente de se conseguir áreas para a sua deposição.

Dentro deste contexto, Silva (2016) menciona que a indústria calçadista utiliza diversos materiais, como couro, materiais sintéticos, espumas, borrachas e tecidos, o que resulta em resíduos oriundos do processo de fabricação. Dessa forma, Soares e Araújo (2016) mencionam que a quantidade de resíduos que sobram do processo produtivo calçadista tornou-se um importante problema ambiental enfrentado pelo setor, o qual gera aproximadamente 300 toneladas/dia.

Diante da problemática em torno da geração de resíduos, há uma necessidade premente de incorporar ações voltadas para a sustentabilidade no processo da empresa objeto desta pesquisa. De acordo com Alves e Barbosa (2013), encontrar ações eficazes que minimizem ou eliminem os impactos ao meio ambiente é o problema fundamental das indústrias atualmente. Ao tratar esse tema, Santos, Broega e Martins (2015) indicam que este problema é mais notável para as indústrias de couro e calçados.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa quantitativa de um estudo de caso único de caráter exploratório e natureza aplicada, cujo objetivo é a redução do volume gerado de resíduos industriais do processo de desenvolvimento de uma empresa calçadista, localizada na região metropolitana do Rio Grande do Sul. Para isso, utilizaram-se as etapas *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar) do método DMAIC composto pelas ferramentas da qualidade para tomada de ações sustentáveis, com base em conceitos como redução, reutilização e reciclagem (3Rs), tendo como foco a atuação nas causas raízes dos problemas responsáveis pela geração dos resíduos industriais.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### SEIS SIGMA E A APLICAÇÃO DO DMAIC

Autores como Dantas Júnior (2015) e Ramos *et al.* (2014) citam que o Seis Sigma surgiu na empresa Motorola, nos anos 80, com o objetivo de tornar a empresa capaz de enfrentar os concorrentes estrangeiros, que estavam fabricando produtos de melhor qualidade a um custo mais baixo. A partir dos anos 90, a estratégia Seis Sigma se espalhou por outras empresas de grande porte, como o caso da AlliedSignal e General Electric (BARONE; FRANCO, 2012).

Conforme Scalabrin *et al.* (2013), Avancini e Martens (2015) e Gorgulho *et al.* (2017), o Seis Sigma utiliza o método DMAIC como abordagem padrão para condução de projetos de melhoria de desempenho de produtos e processos. A respeito disso, Soares *et al.* (2014) afirmam que o DMAIC é um método de implementação do Seis Sigma, com estrutura definida, que cria um roteiro para a resolução de problemas dos mais variados tipos, visando à melhoria contínua.

Desse modo, Braitt e Fettermann (2014) relatam que a utilização da metodologia DMAIC contribuiu para atingir os objetivos de eliminação de perdas no processo. Corroborando com o assunto, Jozipovic (2012) cita que a metodologia DMAIC é excelente quando se lida com um processo existente, no qual se quer alcançar um nível definido de desempenho que resultará em benefícios empresariais.

O DMAIC tem como origem o ciclo de Deming, que possui as etapas *Plan, Do, Check, Action*, conhecido também como PDCA e, assim como este, ambos são cíclicos, ou seja, o final de um ciclo tem o início de outro, com a intenção de promover a melhoria contínua (SALGUEIRO, 2015; GONÇALVES; LIZARELLI; TOLEDO, 2016; ROSSI; KOVALESKI, F.; KOVALESKI, J., 2016).

A fase *Define* é a primeira etapa do método, na qual são definidos os problemas, resultados indesejáveis ou oportunidades de melhorias relacionados ao processo do problema analisado, assim como os objetivos, meta, escopo e métricas para acompanhamento do projeto (WERKEMA, 2013). Carvalho *et al.* (2012) complementam que, em seguida, é realizada uma análise custo-benefício do projeto, de modo a ter uma visão clara do retorno que a atividade deverá trazer para a empresa.

A segunda etapa do método trata-se da fase *Measure*, na qual se deve desenhar o processo para identificação de quais são os resultados a serem medidos (TIKKALA, 2014). Gupta (2013) corrobora com o assunto e cita que a obtenção de dados úteis a serem medidos facilita a identificação do problema. Nesta mesma linha, Schaffer (2016) considera um fator importante a divisão do problema em outros problemas menores, facilitando o direcionamento para análise de causa.

Passando para a etapa de *Analyse*, Araújo (2012) indica que devem ser determinadas as causas raízes dos problemas, ou seja, é necessário um processo de análise, a fim de se encontrar os fatores que influenciam na performance do processo em estudo. A respeito disso, Misturini e Nascimento (2016) contribuem com o assunto e complementam que a identificação das causas raízes geradoras

dos problemas possibilita a estruturação de planos de ações que eliminem o problema na sua origem.

A quarta fase é o *Improve*, em que existe um consenso entre os autores Vásquez (2016) e Schaffer (2016), que mencionam que é a fase na qual devem ser geradas ideias sobre soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário detectado na fase de análise, ou seja, é a fase em que devem ser realizadas as melhorias e otimizar o processo existente.

A última fase do método, a etapa *Control*, é responsável por garantir a manutenção das melhorias alcançadas com as mudanças no processo, ou seja, os resultados obtidos após a ampla implementação das soluções devem ser monitorados para a confirmação do alcance do sucesso (CORCOBA, 2012).

Tratando-se, ainda, das etapas do DMAIC, existe uma variedade de ferramentas, técnicas e métodos utilizados na gestão da qualidade que podem ser utilizados de forma integrada em ciclos de melhoria contínua de processo e produtos (HOLANDA; SOUZA; FRANCISCO, 2013). O Quadro 1 relaciona algumas das ferramentas da qualidade e conceitos das fases do DMAIC que elas podem ser utilizadas.

Quadro 1 – Ferramentas da qualidade, conceito e etapas de utilização no ciclo DMAIC

Ferramenta	Conceito	Etapa do DMAIC
<i>Project Charter</i>	Documento que representa uma espécie de contrato firmado entre a equipe responsável pela condução do projeto e os gestores da empresa.	<i>Define</i>
SIPOC	É um mapa de alto nível do processo referente ao problema tratado, em que relaciona o fornecedor ao início do processo, e o cliente ao final do processo.	<i>Define</i>
Gráfico de Pareto	É um gráfico de barras verticais, usado na identificação de ocorrências responsáveis pela maioria dos efeitos de um problema, normalmente organizado em categorias e apresentando as ocorrências mais importantes.	<i>Measure</i>
Fluxograma	Fluxogramas são também chamados de mapas de processos, visto que apresentam a sequência de etapas e as possibilidades ramificadas existentes para um processo que transforma uma ou mais entradas em uma ou mais saídas.	<i>Analyse</i>
5 Porquês	Esta ferramenta é utilizada para aprofundar a análise de maneira que o grupo deve perguntar o porquê da causa dos problemas e, a cada causa identificada, refazer o mesmo questionamento até encontrar a causa raiz.	<i>Analyse</i>
Gráfico de Dispersão	A finalidade do Gráfico de Dispersão é a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis distintas.	<i>Analyse</i>
Matriz de Priorização	Matriz de Priorização é utilizada para selecionar o problema ou causa prioritária diante das condições próprias, customizadas e da especificidade do processo.	<i>Analyse</i>
Correlação	Esta ferramenta pode ser definida como uma medida de associação linear entre variáveis quantitativas, em que o coeficiente de correlação	<i>Analyse</i>

	linear varia entre -1 e 1, sendo que o sinal indica a direção da correlação (negativa ou positiva) enquanto que o valor indica a magnitude. Dessa forma, quanto mais perto de 1 mais forte é a correlação entre as variáveis e quanto mais próximo de zero, menor a correlação.	
5W2H	Ferramenta da qualidade extremamente simples e muito utilizada, que proporciona ótimos resultados aos gestores em suas atividades de planejamento.	<i>Improve</i>
<i>Brainstorming</i>	Esta técnica propõe que um grupo de pessoas se reúna e utilize seus pensamentos e ideias para que possam chegar a uma solução comum, a fim de gerar ideias inovadoras que levem um determinado projeto adiante.	<i>Improve</i>
Procedimento Operacional Padrão	Este recurso é usado para indicar os detalhes operacionais para execução das tarefas, de modo que os resultados desejados possam ser alcançados.	<i>Control</i>
Fluxo de controle	O Fluxo de Controle serve para acompanhamento e averiguação da permanência das ações implantadas nos processos envolvidos, permitindo a medição e controle do processo.	<i>Control</i>

Fonte: Adaptado de Alvarez (2012), Barrone e Franco (2012), Brait e Fettermann (2014), Domingues (2013), Escanferla (2014), Figueiredo et al. (2014), Gaspar (2015), Gomes e Penedo (2008), Gracia (2014), Lima (2015), Magalhães (2015), Misturini e Nascimento (2016), Piechnicki (2014), Pinto (2016), PMI (2013), Reis (2016), Santos e Gonçalves (2016), Silva et al. (2015), Vaanila (2015) e Werkema (2013).

### REDUZIR, REUTILIZAR E RECICLAR: 3RS

Silva e Komatsu (2014) mencionam que o conceito de reduzir, reutilizar e reciclar, também chamado de 3Rs, traz grandes benefícios a todos, tanto para o meio ambiente como para o ser humano, visto que sua aplicação é de suma importância para que o meio ambiente tenha fôlego para respirar, ou seja, repor aquilo que foi extraído da natureza de forma natural.

Dentro dessa perspectiva, Barbieri (2012) afirma que reduzir é sempre a primeira opção e isso significa reduzir o peso ou volume do resíduo gerado, bem como modificar suas características e, para isso, pode ser necessário substituir equipamentos e materiais. Em decorrência deste enfoque, Worrell e Vesilind (2012) indicam que a redução pode ser obtida através de três formas:

- a) Reduzir a quantidade de material utilizado por produto sem sacrificar a utilidade do produto;
- b) Aumentar a vida útil do produto;
- c) Eliminar a necessidade do produto.

Reutilizar significa usar os resíduos da mesma forma em que foram produzidos no próprio estabelecimento que os gerou, como reaproveitar os restos de matéria-prima (BARBIERI, 2012). Segundo Mota *et al.* (2015), a reutilização de resíduos reduz a exploração de matérias-primas e os gastos com energia que, em geral, são significativamente maiores na fabricação de novos

produtos a partir de insumos oriundos do sistema natural quando comparados aos fabricados a partir de insumos oriundos da reciclagem. Ademais, Andrade *et al.* (2016) complementam que a reutilização dos resíduos industriais traz como benefício ambiental a redução de poluentes no meio ambiente.

Reciclagem é o tratamento dos resíduos para torná-los novamente aproveitáveis na própria fonte produtora (LOMASSO *et al.*, 2015). A respeito desse contexto, Gouveia (2012) cita que a reciclagem precisa ser impulsionada com a implantação da coleta seletiva e triagem dos resíduos. A respeito disso, Worrell e Veslind (2012) acrescentam que a separação se baseia em algumas características ou propriedades facilmente identificáveis do material específico que o distingue de todos os outros. “Embora a reciclagem seja o mais famoso e difundido entre os 3Rs, ela diz respeito apenas à alternativa menos aconselhada quando comparada aos outros Rs” (JABBOUR, A.; JABBOUR, C., 2013, p. 46).

Dentro dos conceitos citados acima, Barbieri (2012) considera que reduzir, reutilizar e reciclar faz parte da prevenção da poluição, pois ajuda a empresa a reduzir custos com materiais e energia, economiza na deposição final dos resíduos, reduz os passivos ambientais e melhora de forma geral as condições de trabalho e imagem da empresa.

## RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Uma parte das matérias-primas, ao serem utilizadas nos processos produtivos, torna-se resíduo industrial que é descartado em lixões ilegais, incinerados ou dispostos em aterros sanitários, o que afeta diretamente a qualidade do meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2015). Isso ocorre porque a quantidade de matérias-primas que entram no processo produtivo não é a mesma que sai na forma de produtos ou subprodutos, conseqüentemente são geradas perdas. (MOLINARI *et al.*, 2013).

Desse modo, entende-se como resíduo sólido industrial os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais que visam à obtenção de um produto (LUCZKIEVICZ; MENEGAT; FIGUEIREDO, 2015). O resíduo sólido industrial pode ser encontrado no estado sólido, semissólido, gasoso – quando contido e líquido – e ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (BRASIL, 2002).

Os resíduos sólidos gerados pelas indústrias são distintos em relação a diversos aspectos, como natureza, origem, tipo de material, toxicidade e periculosidade (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014). Sendo assim, Vieira e Barbosa (2012) e Barros (2012) indicam que a classificação dos resíduos sólidos industriais pode ser realizada conforme a norma brasileira ABNT NBR 10.004:2004.

Nascimento e Cruz (2015) citam que a norma brasileira ABNT NBR 10.004:2004 e classificam os resíduos sólidos segundo as propriedades físico-químicas para facilitar o tratamento e destinação desses rejeitos: Classe I, lista os resíduos perigosos e Classe II, lista os não perigosos e subdivide em Classe II A, que são os não inertes e Classe II B, que são chamados de inertes.

No que diz respeito a isso, Luczkiewicz, Menegat e Figueiredo (2015) afirmam que a fonte geradora dos resíduos é responsável por caracterizar o seu resíduo para realizar a destinação adequada.

Conforme Cavalcanti (2012), as indústrias também são responsáveis pelo descarte de efluente líquido industrial, cujos constituintes podem ocasionar efeitos tóxicos, se lançados nas coleções hídricas ou em sistemas públicos de esgotos sanitários sem os devidos cuidados estabelecidos em normas e legislações específicas.

O efluente líquido industrial é definido como o despejo líquido resultante de qualquer atividade produtiva, oriunda prioritariamente de áreas de transformação de matérias-primas em produtos acabados (RIO GRANDE DO SUL, 2006). As características originais dos efluentes líquidos industriais impedem seu aproveitamento em termos técnicos e/ou econômicos na própria fonte geradora, destinando-se, portanto, direta ou indiretamente a um corpo receptor (CAVALCANTI, 2012). Tratando-se disso, Lira e Cândido (2013) mencionam que, coletar, transportar e destinar adequadamente os efluentes líquidos industriais têm reflexos positivos diretos para a população, assim como para a preservação das condições de equilíbrio da natureza.

Para Silva, Moraes e Machado (2015), todos os resíduos industriais que a empresa gera custam-lhe dinheiro, visto que são comprados a preço de matéria-prima e consomem recursos como água e energia. Uma vez gerados, continuam a consumir dinheiro, seja sob a forma de gastos de tratamento e armazenamento, seja sob a forma de multas pela falta desses cuidados, ou ainda pelos danos à imagem e à reputação da empresa (CEBDS, 2017).

## METODOLOGIA

### CENÁRIO

A pesquisa foi realizada junto ao processo de desenvolvimento de calçados de uma empresa situada na região metropolitana do Rio Grande do Sul. Atuante no mercado há mais de 70 anos, a empresa possui quatro segmentos, sendo calçados esportivos, infantis, femininos para mercado brasileiro e femininos para exportação, tendo suas plantas fabris localizadas na América Central e América Latina, com capacidade de fabricação de 12.500.000 pares de calçados por ano.

O setor de desenvolvimento de calçados do segmento esportivo, área de atuação da pesquisa, é responsável pelo desenvolvimento técnico e fabricação média de 1.604 pares por mês de amostras de tênis destinados a clientes, tendo o laminado sintético como principal matéria-prima.

Durante o processo de fabricação das amostras, são gerados resíduos industriais, tais como, aparas de sintéticos, couros, tecidos e espumas, *Ethil Vinil Acetat* - EVA, panos contaminados, borrachas, aparas de papel para gabaritos, papéis diversos, tecidos para telas serigráficas, efluente líquido de lavagem de telas serigráficas, entre outros. Em média são gerados 649 kg por mês de resíduos sólidos industriais e 36.000 litros por mês de efluente líquido industrial. Esses resíduos são enviados para central de resíduos da empresa, onde são classificados e é realizada a deposição final.

Para a realização da deposição final dos resíduos industriais gerados, é necessária a contratação de empresas especializadas neste tipo de serviço, o que gera custos. Diante disso, o custo operacional de tratamento e destinação de resíduos industriais foi de R\$ 136.245,68, no período de janeiro de 2016 até março de 2017, relativo à geração de 9.741,00 kg de resíduos industriais sólidos e 540.000,00 litros de efluente líquido industrial, conforme relatório de indicadores disponibilizado pela área ambiental da empresa.

### CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO

Esta pesquisa é considerada aplicada em relação à natureza, visto que, segundo Jung (2004), a pesquisa de natureza aplicada gera conhecimentos resultantes de um processo de pesquisa, em que se utilizam esses conhecimentos para uma aplicação imediata na busca de resolução de problemas específicos. Dessa forma, Sampieri, Callado e Lucio (2013) permitem classificar esta pesquisa como sendo de caráter exploratório, visto que os estudos exploratórios são realizados quando o objetivo é examinar um tema ou um problema de pesquisa pouco estudado, sobre o qual temos muitas dúvidas ou que não foi abordado antes.

Segundo Mascarenhas (2014), a pesquisa caracteriza-se pela abordagem quantitativa, devido à pesquisa quantitativa se basear na quantificação para coletar e, mais tarde, tratar os dados obtidos. A metodologia quanto aos procedimentos é definida como um estudo de caso único, pois viabiliza a coleta e análise de informações em um ambiente, com intuito de estudar aspectos diversos relacionados com o assunto da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

### PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia utilizada na pesquisa foi embasada no método DMAIC, em que, na fase *Define*, optou-se pela utilização da Matriz de Priorização para realizar o fechamento do escopo da pesquisa em um dos segmentos de calçados da empresa. Para definição das métricas da pesquisa, foi verificada a relação do volume de produção de amostras com os resíduos industriais através do diagrama de dispersão e, quantificada a correlação existente entre estas variáveis. Também se utilizou o *Project Charter* para a aprovação da pesquisa pela gestão da empresa e, na sequência, aplicou-se a ferramenta SIPOC para fazer o mapeamento do processo.

Na fase *Measure*, utilizaram-se dados históricos já existentes. Nesta fase, foram medidos os dados necessários para acompanhar as métricas estabelecidas na fase de definição, tais como quantidade de resíduo sólido industrial, quantidade de efluente líquido industrial, volume de produção de amostras e o custo total operacional de tratamento e destinação final de resíduos industriais. Um gráfico de Pareto foi realizado para facilitar o processo de análise.

Passando para fase *Analyse*, os dados e informações do processo foram analisados, através da ferramenta 5 Porquês, para identificação das causas raízes dos problemas, as quais posteriormente foram validadas.



Na sequência, na fase *Improve*, foram propostas ações corretivas para eliminar as causas dos problemas através de seções de *Brainstorming* com abordagem dos 3Rs. Nesta fase, foram realizados testes em pequena escala e, após aprovação destes, realizou-se um plano de ação 5W2H para implantação das ações em larga escala.

Na fase *Control*, um fluxo de controle foi estabelecido para controle da performance do processo e alcance da meta. Ao final, foram alterados os procedimentos da qualidade e implantadas instruções de trabalho com a finalidade de atingir os resultados esperados das operações mediante uma padronização.

## ESTUDO APLICADO

### Fase *Define*

No início da fase *Define*, a direção da empresa apontou que o problema era o alto volume de resíduos industriais. Desse modo, optou-se pela utilização da Matriz de Priorização para realizar o fechamento do escopo da pesquisa em um dos segmentos de calçados, visto que a empresa possui quatro segmentos com características diferentes, o que poderia dificultar as ações da pesquisa, caso fossem abordados mais de um segmento.

Conforme Figura 1, nas linhas da primeira coluna da Matriz de Priorização foram listados os segmentos de calçados da empresa e, nas colunas seguintes estabelecidas as principais características, como volume de produção de amostras, diversidade de modelos de calçados, facilidade de coleta de dados e volume de resíduos, cada um com um peso de importância para a pesquisa definido pela direção da empresa.

Figura 1 - Matriz de priorização para fechamento do escopo da pesquisa

Peso	Características				Priorização	Ordem
	Volume de produção de amostras	Diversidade de modelos de calçados	Facilidade de coleta de dados	Volume de resíduos		
<b>Segmento de calçados</b>	5	5	4	5		
Desenvolvimento de calçados esportivos.	5	4	4	5	86	1°
Desenvolvimento de calçados infantis.	2	5	3	1	52	2°
Desenvolvimento de calçados femininos para mercado brasileiro.	3	2	2	3	48	3°
Desenvolvimento de calçados femininos para exportação.	3	1	1	3	39	4°
<b>Legenda dos Pontos</b>	1	Baixo	Alta	Complexo	Baixa	Contra
	5	Alto	Baixa	Simple	Alta	A nosso favor

Fonte: Autoria própria (2017)

Na sequência, cada segmento de calçados recebeu da direção da empresa uma nota em relação a cada característica. Para cada linha, multiplicou-se a nota de cada segmento pelo peso de cada característica, a fim de obter-se a pontuação parcial do segmento de calçados naquela característica. Ao final, para saber a pontuação total, somou-se todas as pontuações parciais de cada segmento de calçados e, de acordo com a pontuação total, definiu-se a priorização.

Sendo assim, o escopo da pesquisa definiu-se como o processo de desenvolvimento de calçados esportivos, devido às suas características terem impacto maior em relação ao resultado que a empresa espera com a pesquisa. Em vista disso, foi possível estruturar uma equipe núcleo com conhecimentos específicos do segmento de calçado priorizado, além de um analista ambiental e um analista da qualidade com formação Seis Sigma, que foi líder da pesquisa. A gestão determinou que a equipe núcleo teria que conciliar as atividades diárias com a pesquisa, diferente do líder da pesquisa, que direcionou 25,00% do seu tempo diário para a execução do trabalho.

Posteriormente, foram delineadas as fronteiras deste processo, ou seja, o início e o fim do processo que a pesquisa atuaria dentro do segmento de calçados esportivos, definindo-se como o processo de corte de materiais, serigrafia, frequência, costura e montagem até o envio dos resíduos industriais para destinação final.

Na sequência, verificou-se o problema e constatou-se que, no período janeiro de 2016 até março de 2017, o volume de resíduo sólido industrial foi de 9.741,00 kg e o volume de efluente líquido industrial foi de 540.000,00 litros. Isso ocasionou um custo operacional de tratamento e destinação de resíduo industrial de R\$ 136.245,68. Durante a verificação do problema, pôde-se identificar que a empresa teve um aumento no custo operacional de tratamento e destinação de resíduos industriais de 17,00% a partir de outubro de 2016, devido a um reajuste realizado pelas empresas que prestam esses serviços. Após, foram definidos os seguintes itens:

- a) Métrica de processo 1: Volume médio por par de resíduo sólido industrial (kg/par);
- b) Métrica de processo 2: Volume médio por par de efluente líquido industrial (l/par);
- c) Métrica financeira: Custo operacional de tratamento e destinação de resíduos industriais;
- d) Cálculo do retorno financeiro: Relação da média histórica da métrica financeira decrescida da média da métrica financeira Pós-DMAIC multiplicado pelo volume de produção de amostras;
- e) Estimativa do retorno financeiro em 12 meses: R\$ 47.000,00.

Com base nas métricas de processo, foram estipulados dois objetivos para a pesquisa:

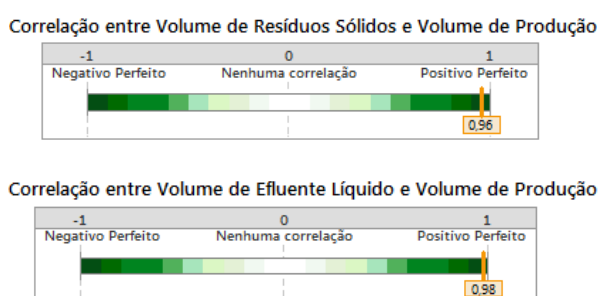
- a) Reduzir o volume médio de resíduos sólidos industriais (kg/par);
  - a. Meta: Reduzir 25,00%;
  - b. Prazo: 06/2017.
- b) Reduzir o volume médio de efluente líquido industrial (l/par);
  - a. Meta: Reduzir 50,00%;
  - b. Prazo: 06/2017.

Todas essas informações foram incluídas no *Projetc Charter*, documento que formalizou a autorização da empresa para o início da pesquisa.

Em ambas as métricas de processo, foram consideradas a ponderação devido ao volume de resíduos sólidos e o efluente possuírem uma forte relação com o volume de pares produzidos. Para verificar a relação, utilizou-se um gráfico de dispersão, com dados do período de janeiro de 2016 até março de 2017, no qual foi possível verificar que, à medida que o volume de produção de amostra aumenta o volume de resíduos sólidos industriais e efluente líquido industrial também aumentam.

Com a finalidade de quantificar a relação entre as variáveis, verificou-se a correlação através do *software* Minitab, que resultou em um coeficiente de correlação linear superior a 0,95 em ambos os casos, o que demonstra uma correlação positiva forte, ver Figura 2.

Figura 2 - Correlação entre volume de resíduos industriais e volume de produção de amostras



Fonte: Autoria própria (2017)

Com o objetivo de visualizar claramente o processo principal no qual seria aplicada a pesquisa, foi estruturado o diagrama SIPOC, que permitiu à equipe uma visão de alto nível do processo estudado e um melhor entendimento do escopo da pesquisa, possibilitando saber quais os principais insumos fornecidos e quem os fornece, além de identificar as saídas mais representativas e clientes, relacionando-os com as etapas do processo, conforme Figura 3.

Figura 3 - Diagrama SIPOC do processo de fabricação de amostras

Supplier (Fornecedor)	Input (Entrada)	Process (Processo)	Output (Saída)	Customer (Cliente)
1. Curtumes. 2. Ind.de laminados sintéticos. 3. Ind. de tecidos. 4. Ind. de espumas. 5. Ind. de dublagem. 6. Ind. papelreira. 7. Ind. papelreira.	1. Couro. 2. Sintéticos. 3. Tecidos. 4. Espumas. 5. Espumas dublada. 6. Papel prespan. 7. Canudo de Papelão.	Início ↓ Realizar Corte	1. Aparas de couro. 2. Aparas de sintéticos. 3. Aparas de tecidos. 4. Aparas de espumas. 5. Aparas de espuma dublada. 6. Aparas de papel prespan. 7. Canudo de Papelão.	1. ARIP/Reciclagem. 2. ARIP/Coprocessamento. 3. ARIP/Coprocessamento. 4. Reciclagem. 5. Reciclagem. 6. Reciclagem. 7. Reciclagem.
8. Ind. de produtos químicos. 9. Ind. de produtos químicos. 10. Ind. de produtos químicos. 11. Ind.de com. de material serigráfico. 12. Ind. de com. de material serigráfico. 13. Poço. 14. Lavanderia Industrial.	8. Tintas. 9. Adesivos. 10. Solventes. 11. Tecidos para telas serigráficas. 12. Rodos serigráficos. 13. Água. 14. Panos.	Realizar serigrafia e frequência	8. Borrás de tintas. 9. Latas de adesivos vazias. 10. Potes plásticos contaminados. 11. Aparas de tecidos de telas serigráficas. 12. Rodos serigráficos usados. 13. Efluente líquido. 14. Panos contaminados.	8. Coprocessamento. 9. Devolução para o fornecedor. 10. Coprocessamento. 11. ARIP/Coprocessamento. 12. ARIP/Coprocessamento. 13. Emp. de tratamento de efluente. 14. Lavanderia industrial.
15. Ind.de linhas. 16. Ind. de produtos químicos. 17. Ind.de comp. para calçados. 18. Ind.s de soluções autoadesivas.	15. Linhas. 16. Adesivos. 17. Gabaritos. 18. Fita dupla face.	Realizar costura	15. Tocos de linhas. 16. Latas de adesivos vazias. 17. Aparas de plástico. 18. Papel da fita.	15. ARIP. 16. Devolução para o fornecedor. 17. ARIP. 18. ARIP.
19. Ind.de comp. para calçados. 20. Ind.de solados de borracha. 21. Ind. de solados de EVA. 22. Ind.de abrasivos. 23. Ind. de escovas industriais. 24. Ind. de produtos químicos. 25. Ind. de produtos químicos. 26. Lavanderia Industrial. 27. Distribuidora do ramo PET.	19. Pincéis. 20. Indústria de borrachas. 21. EVA. 22. Lixas. 23. Escovas. 24. Adesivos. 25. Solventes 26. Panos. 27. Plástico para casquinhas.	Realizar montagem/expedir ↓ Fim	19. Pincéis desgastados. 20. Solados de borracha. 21. Sobre de EVA. 22. Lixas gastas. 23. Escovas gastas. 24. Latas de adesivos vazias. 25. Potes plásticos contaminados. 26. Panos contaminados. 27. Aparas plásticas. 28. Aparas de tênis. 29. Tênis (Amostras).	19. ARIP. 20. Reciclagem. 21. Reciclagem. 22. ARIP. 23. ARIP. 24. Devolução para o fornecedor. 25. Coprocessamento. 26. ARIP/Coprocessamento. 27. Reciclagem. 28. ARIP/Coprocessamento. 29. Setor produtivo/Cliente.

Fonte: Autoria própria (2017)

As variáveis de saída identificadas no processo de desenvolvimento de amostras serviram como base para fase de medição. Além disso, todo o processo de gestão dos resíduos foi mapeado através da ferramenta fluxograma, o que permitiu a identificação de etapas importantes, que, caso não fossem identificadas, poderiam comprometer a fase de *Measure*, como a etapa em que se define se o resíduo é reciclável ou não.

### Fase *Measure*

Na fase de medição, adotou-se a alternativa de utilizar dados históricos já existentes, em que os resíduos industriais foram coletados através de folhas de verificação e o volume de produção amostra através do sistema de leitura de códigos de barras dos talões das amostras no setor de origem. Com estes dados, foi possível verificar o desempenho mensal das métricas de processo, conforme Tabela 1.

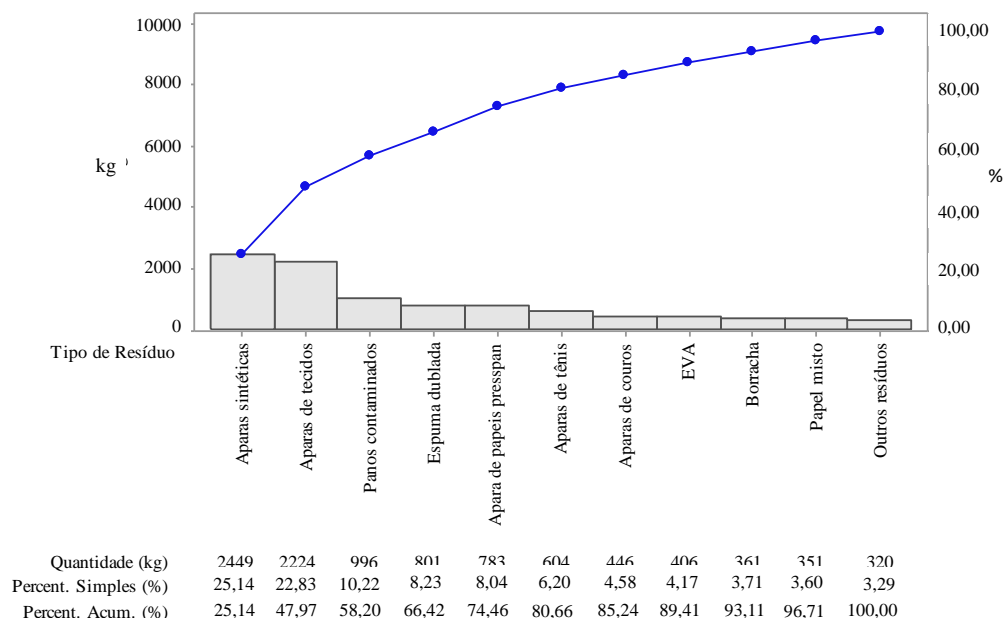
Tabela 1 – Medições realizadas

Mês	Produção (pares)	Volume de efluente líquido industrial (l)	Volume de resíduos sólidos industriais (kg)	Volume médio de resíduos sólidos industriais (kg/par)	Volume médio de efluente líquido industrial (l/par)
01/2016	1.886	45.000	767	0,41	23,86
02/2016	1.416	30.000	546	0,39	21,19
03/2016	1.792	40.000	697	0,39	22,32
04/2016	1.872	40.000	862	0,46	21,37
05/2016	1.477	30.000	572	0,39	20,31
06/2016	2.052	50.000	846	0,41	24,37
07/2016	1.329	30.000	524	0,39	22,57
08/2016	1.686	40.000	666	0,39	23,72
09/2016	1.724	40.000	665	0,39	23,20
10/2016	1.377	30.000	627	0,46	21,79
11/2016	1.140	25.000	432	0,38	21,93
12/2016	1.119	20.000	435	0,39	17,87
01/2017	1.910	45.000	767	0,40	23,56
02/2017	1.583	35.000	613	0,39	22,11
03/2017	1.693	40.000	723	0,43	23,63
<b>Total</b>	<b>24.056</b>	<b>540.000</b>	<b>9741</b>	-	-
<b>Média</b>	<b>1.604</b>	<b>36.000</b>	<b>649</b>	<b>0,40</b>	<b>22,25</b>

Fonte: Autoria própria (2017)

No período de janeiro de 2016 até março de 2017, o volume médio de resíduos sólidos industriais foi de 0,40 kg/par, desse modo a cada 1.000 pares de produção de amostras, o processo gera em média 400,00 kg de resíduos sólidos industriais. No intuito de avaliar quantitativamente o impacto de cada tipo de resíduo sólido industrial na Métrica de Processo 1, foram estratificados os dados através do gráfico de Pareto no *software* Minitab, conforme Figura 4.

Figura 4 - Gráfico de Pareto do volume de resíduos sólidos industriais



Fonte: Autoria própria (2017)

Através das análises dos dados estratificados, foi possível determinar o foco da pesquisa e direcionamento das análises de causas. Dessa maneira, consideraram-se as aparas sintéticas (25,14%), aparas de tecidos (22,83%), volume de panos contaminados (10,22%), espuma dublada (8,23%), aparas de papéis presspan (8,04%) e aparas de couros (4,58%), totalizando 79,04%. A pesquisa não focou nos resíduos de aparas de tênis, pois estes são resíduos oriundos de testes laboratoriais exigidos pelos clientes, sendo assim, a equipe da pesquisa não teria como atuar neste resíduo. Já o EVA, borracha e papel, não foram priorizados por terem menor impacto nas métricas de processo e nenhum impacto na métrica financeira, visto que durante o mapeamento do processo de gestão de resíduos identificou-se que a empresa não tem gasto com estes materiais, em razão de os enviarem para reciclagem.

O volume de efluente líquido industrial não foi estratificado, em razão de se tratar somente de um tipo de efluente, o qual é gerado no setor de serigrafia durante a lavagem de telas serigráficas. No período de janeiro de 2016 até março de 2017, o volume médio de efluente líquido industrial gerado foi de 22,25 l/par, o que totalizou no período 540.000,00 litros de efluente para tratamento, ou seja, para cada 1.000 pares produzidos, o processo gera em média 22.250,00 litros de efluente para tratamento.

O volume de efluente líquido industrial e o volume de resíduos sólidos industriais resultaram em um custo total operacional de tratamento e destinação final de resíduos industriais de R\$ 136.245,68. Durante análises, evidenciou-se que 86,51% do custo operacional de tratamento e destinação de resíduos estão ligados ao tratamento e transporte de efluente líquido industrial. Isso demonstrou que este resíduo industrial tem maior impacto na métrica financeira, o que significa que deve ser um dos focos da fase de análise.

## Fase *Analyse*

Na etapa anterior foi possível identificar quais são os resíduos industriais que geram maior impacto nas métricas de processo e métrica financeira, pois permitiu a divisão do problema inicial em problemas diferentes e mais focalizados, à vista disso, a busca por soluções para a redução, reutilização e reciclagem destes tornaram-se mais viável. Diante disso, foi possível utilizar a ferramenta 5 Porquês e identificar as causas raízes da geração dos resíduos industriais, objetivando a redução do volume gerado, atendendo assim o primeiro R dos 3Rs.

Cada causa foi validada durante observações e mapeamento do processo conjuntamente com a experiência dos profissionais da área, como gerentes, coordenadores e operadores.

Dessa forma, identificou-se que as causas que contribuíam para o alto volume de efluente líquido industrial são:

- a) A alta vazão da mangueira de lavagem de telas serigráficas, que gerava 9,00 l/min de efluente líquido industrial quando ligada;
- b) A existência de recursos compartilhados entre os processos de lavagem de telas serigráficas, ou seja, quando se ligava o registro da água acionava um lava-jato e a mangueira ao mesmo tempo, no entanto, somente um recurso era usado de cada vez. Além disso, o registro de ligar a mangueira e o lava-jato ficava distante do operador, desse modo, quando havia trocas de telas para lavagens, a mangueira e o lava-jato não eram desligados, gerando efluente líquido industrial sem necessidade. Nestas duas causas, constatou-se que a mangueira e o lava-jato ficavam ligados em média 64,39% do tempo sem necessidade;
- c) Existência de um vazamento de 0,10 l/min em uma pistola do lava-jato quando utilizado devido a uma deterioração de uma válvula da pistola.

Estas causas representavam, em média, 31.623,00 l/mês de efluente líquido industrial, ou seja, 87,57% do total de efluente líquido industrial gerado no processo de lavagem de telas serigráficas.

As causas identificadas, que contribuíam para a alta geração de resíduos sólidos industriais são:

- a) A prática incorreta para corte de material, em que o operador cortava pedaços de material do rolo disponível no almoxarifado e levava até a máquina hidráulica de corte. Essa prática dificultava o encaixe da navalha e tinha um consumo de 47,00% inferior ao consumo de produção, com isso aumentava o volume de resíduo sólido industrial;
- b) No setor de corte, a máquina automática, utilizada para corte de materiais, aproveita em média 58,59% do material que era cortado nela, ou seja, 41,41% do material virava resíduo sólido industrial. Este aproveitamento baixo era por conta do software que montava automaticamente o layout das peças a serem cortadas e impossibilitava alterações;
- c) No setor de serigrafia, existe um processo de limpeza das telas serigráficas completamente manual e ultrapassado, em que o operador faz uso de panos e solventes para limpeza da tinta das telas pós-impressão. Com essa prática, o consumo médio era de 3.040 panos e 300,00 litros de solvente por mês, gerando

aproximadamente 40,00 kg de resíduos de panos contaminados por mês, classificados como Classe I;

d) Inexistência de um controle de entrada e saída de materiais no almoxarifado, o que favorecia o risco da compra de materiais já existentes no setor, sendo assim, posteriormente descartados como resíduos.

### Fase Improve

Com as causas validadas, trabalhou-se então na identificação das soluções para estas. Utilizou-se, para tanto, o *Brainstorming* com abordagem dos 3Rs para levantamento das diversas possibilidades de ação para solução das causas encontradas.

Para eliminação de algumas causas, seriam necessárias mudanças em operações do processo produtivo, assim sendo, esta fase envolveu não só a equipe da pesquisa, mas também especialistas internos que trabalham no processo que seria modificado e nos processos imediatamente anteriores e posteriores a ele, visto que estes são quem possui maior *know-how* técnico e expertise sobre o processo, o que facilitou o encontro de soluções ótimas para os processos.

Dessa maneira, no Quadro 2, tem-se listado as ações definidas para eliminação das causas raízes encontradas na fase de *Analyse*.

Quadro 2 - Ações propostas para as causas raízes

Causa raiz identificada no 5 Porquês	Ação Proposta ( <i>Brainstorming</i> e 3R da Sustentabilidade)
Porque nunca foi analisado outro método para lavagem de telas sem panos.	Adquirir uma máquina para limpeza de telas que não exija o uso do pano e permita reaproveitar o solvente no processo.
Porque não existe controle de entrada e saída de materiais no almoxarifado.	Criar uma planilha para controlar a entrada e saída de material do almoxarifado do desenvolvimento.
Porque o <i>software</i> atual da máquina de corte automático não faz os encaixes de corte com bom aproveitamento de material.	Realizar a troca de <i>software</i> da máquina de corte por outro que permita um melhor aproveitamento de material.
Porque o cortador busca pedaços de material no almoxarifado, fazendo com que os encaixes das navalhas fiquem comprometidos.	Ao buscar o material no corte, pegar o rolo de material e não os pedaços.
Porque o <i>software</i> atual da máquina de corte de gabaritos não faz os encaixes de corte com bom aproveitamento.	Após a projeção do encaixe realizado pela máquina, a operadora deverá ajustar os encaixes das peças, de forma que o material seja mais bem aproveitado.
Porque a válvula do bico do lava-jato é muito antiga e se deteriorou com o tempo.	Comprar uma pistola nova para o lava-jato com regulagem de pressão.
Porque o recurso é compartilhado durante o processo.	Colocar um registro para mangueira e outro para o lava-jato ao alcance da operadora.

Porque o registro de desligar a água da mangueira fica fora do alcance da operadora.	
Porque existe muita vazão na mangueira, fazendo com que seja utilizada muita água no processo.	Colocar um redutor de vazão, de modo que a vazão possa ser controlada de acordo com a necessidade.

Fonte: Autoria própria (2017)

No final da etapa de identificação das ações para cada causa, as mesmas foram priorizadas através de uma Matriz de Priorização, que levou em conta critérios como impacto na pesquisa, tempo, custo e facilidade de implantação. Conseqüentemente, iniciaram-se testes em pequenas escalas no processo para avaliar o potencial de cada solução e verificar se os efeitos desejados foram positivos.

O primeiro teste lidou com o aproveitamento dos materiais, com o intuito de reduzir os resíduos sólidos industriais, em que os operadores de corte foram orientados a não cortar pedaços de materiais dos rolos no almoxarifado. Dessa maneira, eles passaram a utilizar o rolo inteiro de material na máquina hidráulica de corte, contribuindo para um aproveitamento mais efetivo do corte no momento de posicionar as navalhas.

O segundo teste abordou a redução de vazão da água da mangueira de lavagem de telas de 9,00 l/min para 0,65 l/min, ou seja, 92,77% de redução de vazão. Essa redução possibilitou a lavagem das telas com a mesma qualidade e sem afetar a produtividade média de 70 telas lavadas por dia.

O terceiro teste dedicou-se ao aumento do aproveitamento de materiais em couro, tecido e sintético cortados na máquina de corte automático. A partir dos testes realizados em um novo *software*, o qual possibilitou melhorar o encaixe das peças a serem cortadas, foi possível aumentar em 13,64% o aproveitamento dos materiais cortados neste equipamento.

O quarto teste abordou a colocação de um registro para a mangueira e outro para o lava-jato ao alcance do operador, com a finalidade de ligar somente o recurso que irá utilizar ao lavar telas serigráficas. Dessa forma, além do operador ligar somente o recurso necessário, possibilitou desligar a água quando não há necessidade de se manter ligada, como na troca de telas para lavagem.

O quinto teste referiu-se ao registro de entrada e saída de materiais no almoxarifado do desenvolvimento, através da criação de uma planilha que permitiu o controle mais efetivo do estoque, de maneira a reduzir os riscos procedentes da má administração do mesmo. Assim, os compradores, mediante solicitação de compra realizada pelo gerente de fabricação de amostras, examinavam os itens na planilha do almoxarifado com a pretensão de evitar a aquisição de produtos existentes.

O sexto teste foi relativo ao aproveitamento de papel para gabaritos, no qual o operador foi orientado a alterar manualmente o layout de corte projetado pela máquina de corte automático, o que permitiu a redução de 20,50 kg por mês de resíduos de papel para gabaritos.

No sétimo teste, foi testada uma nova pistola para o lava-jato, que além de eliminar o vazamento de 0,10 l/min existente, permitiu o controle da vazão e a pressão através do gatilho, facilitando a operação do processo.



O último teste lidou com a eliminação do uso de panos na operação de limpeza de telas serigráficas pós-impressão, em que foi utilizado um equipamento que permitiu a limpeza das telas sem uso de panos e o aproveitamento do solvente através de um sistema de recirculação com fluxo contínuo. Esse processo evitou que 40,00 kg de panos por mês fossem enviados para aterros e nos possibilitou uma economia mensal de R\$ 3.875,00 na compra de panos e solventes. Após aprovados os resultados dos testes, elaborou-se um plano de ação 5W2H visando à implantação das ações em larga escala, conforme Figura 5.

Figura 5 - Plano de ação 5W2H para implantação das ações

Item	What? (O que?)	Why? (Porquê?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	Who? (Quem?)	How? (Como?)	How Much (Quanto?)
1	Orientar o operador para que, ao buscar o material no corte, pegue o rolo de material inteiro.	Para não pegar pedaços de material e dificultar o encaixe das navalhas.	Setor de Corte	03/04/17	Gerente da Produção de Amostras	Treinar todos os colaboradores no novo procedimento.	R\$ 0,00
2	Colocar um redutor de vazão na mangueira de lavagem de telas.	Para reduzir o volume de água utilizado no processo de lavagem.	Setor de Serigrafia	06/04/17	Mecânico	Solicitar a compra do redutor de vazão e instalar na mangueira de lavagem.	R\$ 36,00
3	Realizar a troca de software da máquina de corte	Para melhorar o aproveitamento dos materiais.	Setor de Corte	14/04/17	Analista da Qualidade	Solicitar ao fabricante da máquina a instalação do novo software.	R\$ 0,00
4	Colocar um registro para mangueira e outro para o lava-jato ao alcance do operador.	Para impedir que um dos recursos fique acionado enquanto usa-se o outro.	Setor de Serigrafia	14/04/17	Mecânico	Solicitar ao setor de Manutenção a compra e instalação do registro.	R\$ 25,00
5	Criar uma planilha para controlar a entrada e saída de material.	Para evitar o risco de compra de materiais repetidos.	Almoxarifado Desenv.	14/04/17	Gerente da Produção de Amostras	Verificar sistemática para controle e envolver o setor de Compras.	R\$ 0,00
6	Orientar a operadora para que ela ajuste manualmente os encaixes que não aproveitarem bem o material dos gabaritos.	Para aproveitar melhor o papel utilizado na fabricação dos gabaritos.	Modelagem	14/04/17	Gerente da Modelagem	Mostrar para operadora como ela poderá alterar manualmente os encaixes para corte.	R\$ 0,00
7	Enviar os rodos serigráficos usados para planificação, possibilitando a reutilização dos mesmos, evitando a compra de rodos novos.	Para poder reutilizar o rodo mais de uma vez, evitando a compra e reduzindo o volume de resíduo.	Modelagem	14/04/17	Gerente Modelagem	Após o uso os rodos serão enviados para unidade industrial para afiação.	R\$ 0,00
8	Reutilização das aparas de couros e sintéticos para confecção de estojos.	Para reduzir o número de resíduos destinados a ARIPS.	Oficina de jovens aprendizes.	14/04/17	Analista Ambiental	Solicitar ao desingner que crie um estojo apenas com aparas de couros e sintéticos. Separar os maiores pedaços de couros e sintéticos na central de resíduos e enviar à oficina de jovens aprendizes.	R\$ 0,00
9	Comprar uma pistola nova para o lava-jato com regulagem de pressão.	Para eliminar o vazamento de água existente.	Setor de Serigrafia.	17/04/17	Mecânico.	Solicitar a compra de uma nova pistola para o lava-jato. Após a compra deve ser solicitado a instalação da pistola.	R\$ 86,00
10	Adquirir uma máquina para limpeza de telas que não exija o uso do pano e permita reaproveitar o solvente no processo.	Para reduzir o volume de panos contamenidos, bem como reduzir o volume de solvente utilizado no processo.	Setor de Serigrafia.	17/04/17	Gerente da Produção de Amostras.	Solicitar a compra e instalação do equipamneto ao setor de manutenção.	R\$ 12.500,00

Fonte: Autoria própria (2017)

Além das ações para eliminação das causas raízes, com o Brainstorming e a abordagem dos 3Rs, optou-se por realizar mais duas ações que fizeram parte do plano de ação:

a) Enviar os rodos serigráficos para aplainamento ao invés de descartá-los após o uso, sendo assim, a empresa consegue reutilizar cada rodo até 4 vezes mais, com estimativa de deixar de gastar aproximadamente R\$ 288,00 por ano na compra de rodos;

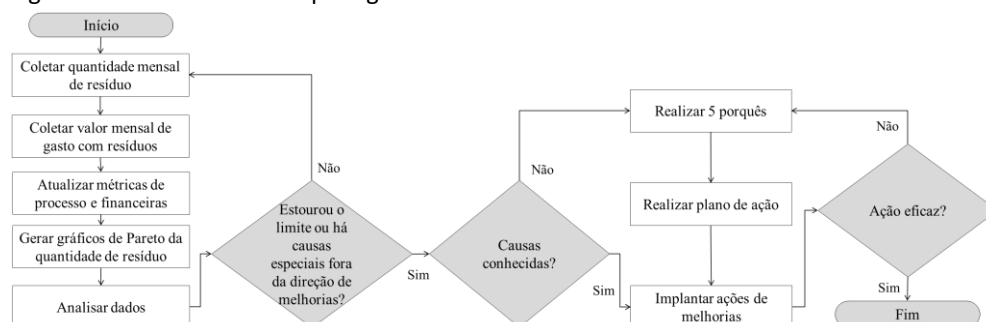
b) Reutilização do resto de aparas de couro para confeccionar estojos, através da equipe de jovens aprendizes que possuem um setor exclusivo, o qual utilizavam para aprendizagem materiais sobressalentes da produção que eram vendidos para terceiros. Esta ação permitiu a confecção de 550 estojos de agosto a junho de 2017, que foram doados para entidades carentes e evitou que 96,25 kg de resíduos sólidos de Classe I fossem enviados para aterros, consequentemente, obteve-se a receita de R\$ 852,00 com a venda dos materiais sobressalentes que deixaram de ser utilizados pela equipe de jovens aprendizes.

### Fase Control

A quinta fase do DMAIC iniciou-se na geração da documentação interna sobre os procedimentos de controle e processos melhorados tais como novos padrões de operação e alterações nos procedimentos internos relativos ao sistema de gestão da qualidade. Isso fez com que as alterações dos processos fossem padronizadas e auditadas, conforme padrão normativo ISO 9001:2008 adotado pela empresa.

Ainda para garantir a sustentabilidade das melhorias, implantou-se um fluxo de controle da performance do processo e do alcance da meta, em que se treinou uma pessoa para executá-lo, com a finalidade de impedir que os problemas já resolvidos ocorram no futuro, devido, por exemplo, à desobediência dos padrões, além de permitir agir preventivamente no processo, conforme Figura 6.

Figura 6 - Fluxo de controle para gestão dos resíduos industriais



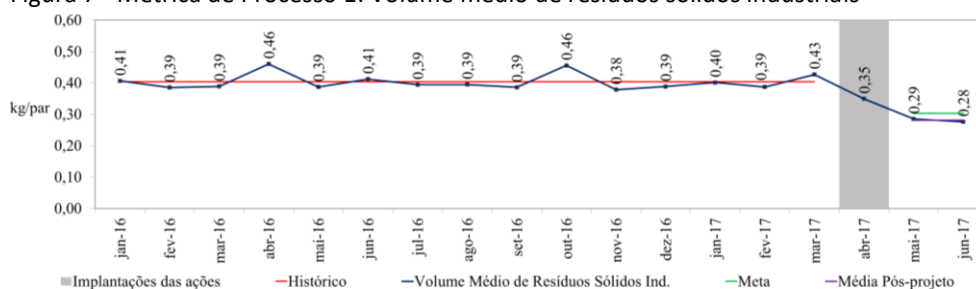
Fonte: Autoria própria (2017)

Para finalizar a etapa *Control*, todas as atividades realizadas foram recapituladas para que seja realizada uma reflexão da condução da pesquisa e também para que sejam levantados os pontos não abordados no trabalho. Esta última etapa, então, consistiu em sumarizar o que foi aprendido e realizar sugestão para futuros trabalhos.

## RESULTADOS

Posteriormente à implantação das melhorias e à estabilização dos processos no mês de abril de 2017, mediram-se os resultados da pesquisa durante dois meses subsequentes. Para essa verificação, foram analisadas as métricas de processos e financeiras, bem como o retorno financeiro proporcionado pela pesquisa. Na Figura 7, é possível verificar o volume médio mensal por par de resíduos sólidos industriais (kg/par).

Figura 7 - Métrica de Processo 1: Volume médio de resíduos sólidos industriais

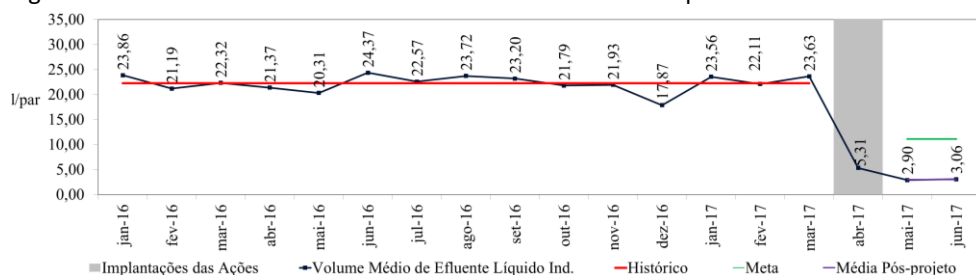


Fonte: Autoria própria (2017)

Esta métrica de processo demonstra uma redução de 30,45% do volume médio por par de resíduos sólidos industriais, partindo do histórico de 0,40 kg/par, de janeiro de 2016 até março de 2017, e após as implantações das ações, em abril de 2017, reduzindo para uma média 0,28 kg/par, ou seja, ultrapassando a meta de 0,30 kg/par estipulada para a pesquisa.

Ao analisar o volume médio mensal de efluente líquido industrial (l/par), comparou-se o período histórico com o período pós-ações, em que se constatou a redução de 86,61%, reduzindo de uma média histórica de 22,25 l/par para 2,98 l/par, conforme Figura 8.

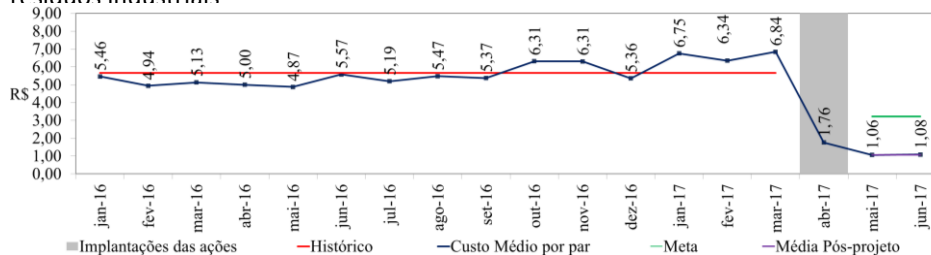
Figura 8 - Métrica de Processo 2: Volume médio de efluente líquido industrial



Fonte: Autoria própria (2017)

Como o efluente líquido industrial tem maior impacto na métrica financeira, observou-se uma redução de 81,10% no custo operacional de tratamento e destinação de resíduos industriais, conforme Figura 9.

Figura 9 - Métrica Financeira: Custo médio de operação de tratamento e destinação de resíduos industriais



Fonte: Autoria própria (2017)

Logo, nos meses de maio e junho de 2017, o retorno financeiro acumulado da pesquisa, que é calculado através do custo médio de operação de tratamento e destinação final de resíduos industriais mais a redução de custo de materiais devido ao consumo menor foi de R\$18.788,03. Dessa forma, estima-se, em 12 meses, um retorno financeiro de R\$ 138.264,20, descontando o investimento total na pesquisa de R\$ 13.047,00.

## CONCLUSÃO

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa quantitativa que teve como objetivo a redução do volume gerado de resíduos industriais do processo de desenvolvimento de uma empresa calçadista localizada na região metropolitana do Rio Grande do Sul.

A adoção do método DMAIC, composto pelas ferramentas da qualidade para tomada de ações sustentáveis, com base nos conceitos dos 3Rs, permitiu identificar as principais causas da alta geração de resíduos industriais.

Dentre as ações da pesquisa para eliminar as causas, pode-se citar a incorporação de novas tecnologias de máquinas e *softwares* no processo de fabricação de amostras, como a aquisição de uma máquina para limpeza de telas serigráficas pós-impressão e a implantação de um novo *software* para a máquina de corte automático.

Além disso, os resultados das análises permitiram criar novos padrões de trabalhos que favoreceram a melhor utilização dos recursos e a resolução de pequenos problemas que causavam um grande impacto no objetivo da pesquisa, como a inclusão de um redutor de vazão na mangueira de lavagem de telas.

Outra constatação foi que a reutilização de aparas de couro para confeccionar estojos para entidades carentes possibilitou o envolvimento da empresa com a sociedade, reforçando a responsabilidade social.

Como resultado, as ações apontadas durante a execução do método DMAIC possibilitaram a redução de 30,45% do volume médio por par de resíduos sólidos industriais e 86,61% do volume médio por par de efluente líquido industrial (l/par), o que favoreceu uma estimativa de retorno financeiro em 12 meses de R\$ 138.264,20 para empresa, sendo que em dois meses efetivou-se R\$ 18.788,03 de redução de custo com tratamento e destinação de resíduos industriais e redução de custo devido ao menor consumo.

Dentre as principais dificuldades encontradas durante a aplicação do método DMAIC, pode-se citar a conciliação da equipe núcleo entre as atividades diárias com as atividades da pesquisa. Dessa maneira, sugere-se para futuros trabalhos que, além do líder da pesquisa, a equipe núcleo tenha disponível um tempo para atividades relacionadas à pesquisa e adequado ao tamanho da mesma e que esta informação seja validada e esteja vinculada ao Project Charter. Outra oportunidade de melhoria recomendada para condução da pesquisa é a adoção da ferramenta FMEA para evitar possíveis falhas no processo que venham a contribuir com o aumento do volume de resíduo industrial.

Devido ao retorno financeiro e aos resultados apresentados, a pesquisa reforçou a adesão do método DMAIC na empresa, o qual se mostrou extremamente eficaz, eficiente e que pode ser replicado para outras empresas que visam à identificação clara das causas raízes de um problema.

# Application of the DMAIC method with a sustainable approach with emphasis in industrial waste reduction: a case study in the development process of a shoe company

## ABSTRACT

This article presents the results of a survey whose purpose was to reduce the volume of industrial waste. For the survey it was employed the DMAIC methodology composed of the quality tools for sustainable actions based on 3Rs, focusing on the root causes of the problems responsible for waste generation. Among the actions of the research to eliminate the causes, we can mention the incorporation of new technologies of machines and software in the process of manufacture of samples of shoes and the creation of patterns of works that favored the best use of the resources. As a result, the average volume per pair of industrial solid waste was reduced by 30,45%, a reduction of 86,61% of the average volume per pair of industrial liquid effluent (l/pair), a reduction of 81,10% in the operational cost of treatment and disposal of industrial waste, and an estimated financial return of R\$ 138,264.20 in 12 months.

**KEYWORDS:** Industrial Solid Waste. Industrial Liquid Effluent. DMAIC.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, M. E. B. Gestão de qualidade, produção e operações. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- ALVES, C. A.; BARBOSA, A. S. Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Franca-SP. Gestão e Produção, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 883-898, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n4/aop\\_870.pdf](http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n4/aop_870.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2017. **crossref**
- ANDRADE, C. *et al.* Compósito para a construção civil a partir de resíduos industriais. Revista matéria, Rio de Janeiro. v. 21, n. 2, p. 321-329, 2016. **crossref**
- ARAUJO, F. J. Aplicação dos conceitos do DMAIC como estratégia de otimização de uma farmácia periférica: Estudo de caso em um hospital de grande porte. Anais. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP: Bento Gonçalves, 2012. **crossref**
- AVANCINI, P. R.; MARTENS, E. Aplicação do método DMAIC para redução da perda de material numa indústria do setor alimentício. Anais. XXII Simpósio de Engenharia de Produção. SIMPEP: Bauru, 2015.
- BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- BARONE, S.; FRANCO, E. L. Statistical and Managerial Techniques for Six Sigma Methodology: Theory and Application. 1<sup>o</sup> Edition. Nova Jersey: John Wiley & Sons LTDA, 2012. **crossref**
- BARROS, R. M. Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Editora Interciências, 2012.
- BRAITT, B. A. A.; FETTERMANN, D. C. Aplicação do método DMAIC para análise de problemas de produção: um estudo de caso. Revista E-xacta, v. 7, n. 1, p. 125-138, 2014. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1241>>. Acesso em: 12 jul. 2017. **crossref**
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 08 maio 2017.
- CARVALHO, M. M. *et al.* Gestão da qualidade: Teoria e casos. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento de efluentes industriais. 2.ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda, 2012.
- CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Guia da Produção Mais Limpa: Faça você Mesmo. 2017. Disponível em: <http://cebds.org/publicacoes/guia-para-producao-mais-limpa-faca-voce-mesmo/#.WcKpDrKGPIU> >. Acesso em: 28 jul. 2017.

CORCOBA, M. P. D3CMAIC: Un entorno para la aplicación sistemática de la metodología Seis Sigma en proyectos de mejora. 2012. 504 f. Tesis (Doctorado en Estadística e Investigación Operativa) – Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad Rey Juan Carlos, Fuenlabrada.

DANTAS JÚNIOR., C. P. A metodologia Seis Sigma e as áreas de aplicação. *Ampliando Revista Científica da Facerb*, v. 2, n. 2, jul/dez 2015.

DOMINGUES, J. P. D. Aplicação das ferramentas Lean e Seis Sigma numa indústria de fixação. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

ESCANFERLA, D. Projeto DMAIC com ferramentas Seis Sigma para Redução de sucata em uma multinacional do ramo de acessórios automobilísticos. 2014. 61 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

FIGUEIREDO, D. B. *et al.* Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: O retorno. *Revista Leviathan*, n. 8, p. 66-95, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/leviathan/index>>. Acesso em: 10 ago. 2017. **crossref**

GASPAR, A. R. V. Aplicação do Seis Sigma na avaliação da inexatidão dos resultados laboratoriais do parâmetro Cortisol Sérico. 2015. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

GOMES, A. C. S.; PENEDO, A. S. T. Círculo de controle de qualidade como ferramenta para diminuição de custo numa indústria de fiação de algodão na cidade de Ituverava. *Revista Nucleus*, v. 5, n. 1, p. 134-142, abr. 2008. **crossref**

GONÇALVES, C. L. LIZARELLI, F. L. TOLEDO, J. C. Utilização do método DMAIC para melhoria dos processos de fabricação e do produto: Estudo de caso em uma empresa do ramo metalúrgico. *Anais. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. CONBREPRO: Ponta Grossa*, 2016.

GORGULHO, G. *et al.* Gestão eficiente de projetos lean six sigma: Um estudo de caso em uma indústria automotiva. *Revista de Ciencia e Tecnologia*, v. 20, n. 39, p. 3-16, 2017. **crossref**

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Revista Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro*. v.17, n.6, p. 1503-1510, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org>>. Acesso em: 25 maio 2017. **crossref**

GRACIA, S. The implementation of Lean Six Sigma methodology in the wine sector: an analysis of a wine bottling line in Trentino. 2014. 167 f. Tesi (Master in Industrial Engineering) – Escola Técnica Superior d'Enginyeria de Barcelona, Università Degli Studi Di Trento, Bracelona.



GUPTA, N. An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn Quality in Textile Industry. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, v. 6, p. 50-65, 2013. Disponível em: <<http://www.iosrjournals.org>>. Acesso em: 25 maio 2017.

**crossref**

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. *Revista GEPROS*, Bauru, Ano 8, nº 4, p. 31-44, out./dez. 2013.

JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C. *Gestão ambiental nas organizações: Fundamentos e tendências*. São Paulo: Atlas, 2013. 46 p.

JOZIPOVIC, M. *Total Quality management and six sigma*. 1ª Edition: Rijeka: Tauseef Aized, 2012.

JUNG, C. F. *Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: Aplicada a novas tecnologias, produtos e processos*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

LIMA, E. B. A. *Aplicação de Ferramentas da Qualidade em processos administrativos*. Anais. XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. SEGET: Resende, 2015.

LIRA, W. S., CÂNDIDO, G. A., *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa*. Campina Grande: EDUEPB, 2013. **crossref**

LOMASSO, *et al.* Benefícios e desafios na implementação da reciclagem: Um estudo de caso no centro mineiro de referência em resíduos (CMRR). *Revista Pensar*, v. 3, n. 2. Janeiro 2015. Disponível em: <[http://revistapensar.com.br/administracao/pasta\\_upload/artigos/a104.pdf](http://revistapensar.com.br/administracao/pasta_upload/artigos/a104.pdf)> Acesso em: 20 ago. 2017.

LUCZKIEVICZ, C.; MENEGAT, M. O.; FIGUEIREDO, A. M. B. Destinação de resíduos sólidos gerados por empresas metalúrgicas localizadas no município de Chapecó – SC. *Revista Científica Tecnológica*, v. 3, n. 2, p. 284-299. 2015.

MACHADO JÚNIOR, C. *et al.* A incorporação da gestão ambiental na estrutura organizacional. *Revista acadêmica da FACE*, Porto alegre, v. 23, n. 2, p. 140 -154, maio 2012. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br>>. Acesso em: 15 maio 2017.

MAGALHÃES, J. M. *et al.* Utilização do método DMAIC no processo de fabricação de feiras. Anais. IV Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. SINGEP: São Paulo, 2015.

MASCARENHAS, S. A. *Metodologia científica*. 2.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

MISTURINI, D. D.; NASCIMENTO, C. A. Redução do impacto ambiental: Uma abordagem no setor de modelagem em uma empresa calçadista. *Revista de ciências da administração*, Florianópolis, v. 18, n. 46, p. 120-136, dezembro 2016.

**crossref**

MOLINARI, M. A. *et al.* Avaliação de oportunidades de produção mais limpa para a redução de resíduos sólidos na fabricação de tintas. *Revista Production*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 364-374, 2013. **crossref**

MOTA *et al.* Desafios e oportunidades da logística reversa no contexto do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista GEPROS*, Bauru, v. 10, nº 4, p. 55-67, 2015. **crossref**

NASCIMENTO, C. M. T.; CRUZ, M. L. B. Resíduos industriais e a invisibilidade de seus riscos socioambientais. *Revista da Anpege*, v. 11, n. 15, p. 257-279, jan-jun 2015. **crossref**

ORTH, C. M. *et al.* A Geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: Uma contribuição para a redução. *Gestão e Produção*, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2014000200016&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2014000200016&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 06 jun. 2017. **crossref**

PHILIPPI JÚNIOR, A.; SAMPAIO, C. A. C.; FERNANDES, V. *Gestão ambiental e sustentabilidade*. Barueri: Editora Manoele LTDA, 2017.

PINTO, D. G. *Aplicação do Seis Sigma no processo de moldação da indústria corticeira*. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

PMI. *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos - Guia PMBOK®*. 5.ed. Pennsylvania: Project Management Institute Inc., 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2.ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

RAMOS, *et al.* *Gestão de projetos através do DMAIC*. Anais. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP: Curitiba, 2014.

REIS, M. S. *Estatística para melhoria de processos: A perspectiva Seis Sigma*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2016. **crossref**

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual de Meio Ambiente, CONSEMA. Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/resolucoes>. Acesso em: 08 maio 2017.

ROSSI, L. G.; KOVALESKI, F. KOVALESKI, J. L. *Seis Sigma: Uma análise bibliométrica dos anais do CONBREPRO*. Anais. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. CONBREPO: Ponta Grossa, 2016.

SALGUEIRO, G. N. *Aplicação de ferramentas para melhorar o processo produtivo numa empresa do sector automóvel*. 2015. 130 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

SAMPIERI, R. H.; CALLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Metodologia de pesquisa. 5.ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, *et al.* Produção Mais Limpa: estudo de caso em uma indústria alimentícia. Anais. V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. CONBREPRO: Ponta Grossa, 2015.

SANTOS, M. O.; BROEGA, AQ. C.; MARTINS, E. F. Design modular: Solução sustentável aplicada a resíduo limpos na indústria do couro. Anais. XI Colóquio de Moda: Curitiba, 2015.

SANTOS, M. C.; GONÇALVES, A. T. P. Aplicação da metodologia de análise e solução de problemas – MASP na logística de uma grande rede varejista. Revista GEPROS, Bauru, Ano 11, nº 4, p. 21-44, 2016. **crossref**

SCALABRIN, R. *et al.* Seis Sigma como um diferencial de lucratividade: Uma abordagem conceitual. Anais. Semana Internacional das Engenharias da FAHOR. SIEF: Horizontina, 2013.

SCHAFFER, A. Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma para melhoria de um processo produtivo. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, H. S. Avaliação ambiental do setor calçadista sob a ótica da gestão de resíduos sólidos. 2016. 143 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. Revista Eng. Sanit. Ambient, v. 20, n. 1., p. 29-37. Jan./fev. 2015. **crossref**

SILVA, A.; KOMATSU, R. Conceito dos 3R: um breve referencial para uma empresa sustentável. Revista Interatividade, Andradina, Edição Especial, 1º sem. 2014.

SILVA, J. M.; LEITE, D. A. O uso do SPL nos Processos industriais, uma solução Sustentável. Anais. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP: João Pessoa, 2016.

SILVA, M. D. L. *et al.* Aplicação do MASP utilizando a etapa P (Plan) do ciclo PDCA em uma fábrica de móveis planejados. Anais. V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Conbrepro: Ponta Grossa, 2015.

SOARES, E. F.; ARAÚJO, G. C. Gestão de resíduos sólidos no processo produtivo: Um estudo de caso em uma indústria calçadista. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 171-181, 2016. **crossref**

SOARES *et al.* Aplicação do método DMAIC na área de vendas de máquinas ferramentas. Anais. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Conbrepro: Ponta Grossa. 2014.

SOUZA, A. B. B. *et al.* Reaproveitamento de resíduos industriais - Uma viabilidade econômica e ambiental: Estudo de caso em uma empresa calçadista de João Pessoa – PB. Anais. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP: Salvador, 2013.

TIKKALA, S. Lean Six Sigma in a Manufacturing Lead Time Improvement Project. 2014. 68 f. Thesis (Master in Industrial Engineering) - LUT School of Industrial Engineering and Management, Department of Innovation Management, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta. 2014.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. Resíduos sólidos no Brasil: Oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (Lei de Resíduo sólidos). Barueri: Editora Manole Ltda, 2014.

VAANILA, T. Process development using the lean six sigma methodology. 2015. 33 f. Thesi. (Bachelor's thesis in Information and Communication Technology) – Häme University Of Applied Sciences, Hämeenlinna. 2015.

VÁSQUEZ, G. R. Propuesta de mejora para la reducción de produtos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six sigma. 2016. 154 f. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de Operaciones) – Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 2016.

VIEIRA, E. A. BARBOSA, A. S. Gestão dos resíduos e rejeitos sólidos industriais: a conjuntura dos Pólos calçadistas brasileiros. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 10, n. 10, p. 2318-2325, 2012. **crossref**

WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2013.

WORRELL, W. A.; VESILIND, P. A. Solid waste engineering. 2<sup>o</sup> Edition. Stamford: Cengage Learning, 2012.

**Recebido:** 06 Jun. 2019

**Aprovado:** 12 Out. 2020

**DOI:** 10.3895/gi.v16n4.10206

**Como citar:**

VARGAS, T.S. et al. Aplicação do método DMAIC com uma abordagem sustentável com ênfase na redução de resíduo industrial: um estudo de caso no processo de desenvolvimento de uma empresa calçadista. **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 16, n. 4, p. 01-28, Out./Dez. 2020. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi>.

<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi>.

**Correspondência:**

Thiarles Silva De Vargas

Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT), Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

