

PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO PRODUTIVO DE CORTE A PLASMA¹

Fernando Leo Morandin²
Stefan Antonio Bueno³
Keila Daiane Ferrari Orso⁴

RESUMO

Através de um estudo de caso, este trabalho buscou a otimização de mão de obra e a redução de *setup* de uma máquina CNC em um processo fabril de corte a plasma. Para a proposta de melhoria foram utilizadas ferramentas como, o diagrama de trabalho padronizado e a tabela de combinação do trabalho padronizado para o mapeamento do processo de limpeza. Diante dos fatos encontrados o estudo propôs a automatização do processo de limpeza dos tanques do processo de corte plasma através da fabricação de novos tanques que podem ser içados através de ponte rolante. Como resultados a proposta tem como resultados esperados uma redução no tempo de limpeza da máquina de 68,75%, um aumento da capacidade produtiva anual de 68,71% e uma redução de mão de obra para a realização da atividade de 60%. Com base nestes resultados, a análise de *payback* do investimento para realização da proposta evidencia um retorno do investimento de 44 dias.

Palavras Chaves: GBO. Trabalho Padronizado. Automatização.

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização das atividades industriais e com o alto consumo de produtos, as indústrias tiveram que otimizar seus processos produtivos a fim de atender a demanda global. Diante disto a aplicação de conceitos de produção mais limpa (P+L) vem sendo muito utilizado, pois conforme Figueiredo (2004) a sociedade passou a exigir da indústria a adoção das melhores técnicas, não sendo suficiente somente atender a determinados padrões ambientais, isso porque a sociedade está cada vez mais tomando consciência de que a variável ambiental é importante e que ela diz respeito a todos, não somente a um segmento ou uma parcela da população.

Com base nisto a empresa objeto deste estudo vem enfrentando um grande problema no processo produtivo de corte a plasma, processo que gera um grande volume de resíduos sólidos classe II. Além dos resíduos gerados, o processo de limpeza e descarte gera custos e prejudica a linha de produção, o que ocasiona atrasos em pedidos devido o processo de limpeza e devido

¹ Artigo como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Produção pela UCEFF – 2021.

² Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção. E-mail: fernandoleomorandin@gmail.com.

³ Orientador, Mestre em Tecnologia e Gestão da inovação. E-mail: stefan.bueno@uceff.edu.br.

⁴ Docente da UCEFF. E-mail: keila@uceff.edu.br.

ao tempo utilizado para o trabalho. Sob está ótica há a necessidade de automatização do processo de limpeza dos tanques e a destinação correta dos resíduos.

Com base no problema apresentado, é de suma importância olhar para o conceito de P+L apoiado no *Lean manufacturing* para resolução do problema. Desta forma, o P+L pressupõe quatro atitudes básicas: (i) a primeira, e a mais importante, é a busca pela não geração de resíduos, através da racionalização das técnicas de produção; (ii) quando o primeiro conceito não pode ser aplicado integralmente, a segunda atitude proposta pelo P+L é a minimização da geração dos resíduos; (iii) já o reaproveitamento dos resíduos no próprio processo de produção é a terceira atitude defendida pelo P+L; (iv) enquanto a quarta alternativa para o P+L é a reciclagem, com o aproveitamento das sobras ou do próprio produto para a geração de novos materiais. O conceito P+L vem sendo abordado em muitos casos para a resolução deste problema juntamente com o conceito de *Lean manufacturing* que é a ideia básica de produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos (OHNO, 1997; HENRIQUES; QUELHAS, 2007).

Conforme estudo de Medeiros et al. (2007), a proposta é reduzir sobras de materiais do processo utilizando e aplicando o modelo de P+L, com agregação de valor aos produtos e geração de lucros ao maximizar a utilização dos materiais utilizados e reduzindo os custos com o tratamento de resíduos. Como resultado, um estudo sobre a aplicação mais limpa faz uma análise de estudo do processo de moldagem manual de fibra de vidro, na empresa em estudo, são correlacionados em 19,5%. Como proposta de redução deste indicador, foi avaliada a troca do processo de moldagem atual pelo sistema RTM, uma redução inicial de 80% da quantidade de resíduos gerados, fazendo com que a relação percentual entre matérias-primas e resíduos passasse de 19,5% para cerca de 4%.

Se comparado ao estudo de George (2012), com a implantação de metodologia de análise do valor agregado em uma indústria metalúrgica de produtos sob encomenda, conclui-se que é necessário dedicar mais tempo para analisar os processos, buscando reduzir ao máximo os tempos que não agregam valor, também serviu para evidenciar e agir com rapidez sobre os desperdícios, trazendo uma possibilidade concreta para aumentar a produção e a produtividade, onde foram alcançadas metas pré-estabelecidas de 88% para o valor agregado e de 95% para a ocupação do posto de trabalho.

Diante dos estudos e do problema apresentado, o presente trabalho tem como objetivo geral, propor a melhoria no processo de limpeza de resíduo de corte a plasma, de uma empresa metalomecânica do oeste de Santa Catarina. Para tal, o estudo terá os seguintes objetivos

específicos: (I) Mapear o processo atual de limpeza dos resíduos; (II) Aplicar o diagrama de trabalho padronizado no processo; (III) Propor melhorias no processo de limpeza corte a plasma e (IV) Apresentar uma comparação entre o processo atual e o proposto para a limpeza de caixa de resíduos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)

A Produção Mais Limpa (P+L) consiste na aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada nos processos produtivos, nos produtos ou nos serviços, para aumentar a eficiência global no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo e reduzir os riscos para a saúde humana e o meio ambiente. Esta abordagem induz inovação nas empresas, dando um passo em direção ao desenvolvimento econômico sustentado e competitivo, não apenas para elas, mas para toda a região que abrangem (USEPA, 1992; OECD, 2000; GREENPEACE, 2009).

Severo (2009) ainda afirma que a produção mais limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos, considerando a variável ambiental em todos os níveis da empresa, por exemplo, a compra de matérias-primas, engenharia de produto, *desing*, pós-venda, questões ambientais com ganhos econômicos para a empresa (OLIVEIRA FILHO, 2001).

Para Baas (2007), o P+L caracteriza-se por ações que são implementadas dentro da empresa com o objetivo de tornar o processo mais eficiente no emprego de seus insumos, gerando mais produtos e menos resíduos. Exemplo: cooperação entre o setor ambiental, setor de projeto e setor de compras, uso eficiente da matéria-prima e menor geração de sucata.

Os princípios da Produção Mais Limpa têm similaridades com o *Lean Manufacturing*, onde visam: eliminação dos resíduos; minimizar a produção de resíduos; reciclagem dentro da empresa; reciclagem fora do processo produtivo, e no *Lean*, definir o valor para o cliente; definir o fluxo de valor; fluxo contínuo; produção puxada a partir do cliente e busca pela excelência, a aplicação destes dois conceitos dentro da organização traz ganhos socioambiental

e socioeconômico para as organizações (VALESCO, 2004; SEVERINO et al., 2014; OMETTO et al., 2015).

2.2 LEAN MANUFACTURING

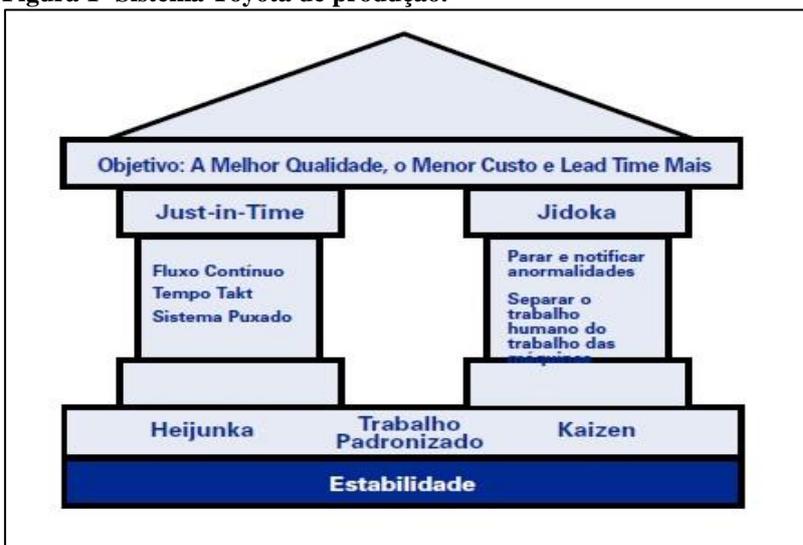
Com o objetivo de eliminar os desperdícios, resultado em uma empresa mais flexível e capaz de responder as necessidades dos clientes entregando produto ou serviço no menor tempo possível com qualidade e baixo custo o conceito de fabricação enxuta tem sido identificado com muitos nomes diferentes nas indústrias, tendo sido chamada de fluxo de fabricação, *just-in-time* e tecnologia de fluxo de demanda, porém tornou-se conhecida mesmo como manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing* (WOMACK; JONES, 2004; DENNIS, 2008).

O principal objetivo do *Lean Manufacturing* é satisfazer as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao custo mais baixo e com o menor *lead time* possível, e garantir um ambiente de trabalho seguro, ajudando a elevar o desenvolvimento de seus funcionários, desta forma, a eliminação de problemas constitui em benefício e um pressuposto para a utilização do *Just in time* (LASA, 2009; SILVA, 2013).

A eliminação das causas geradoras de se manterem estoques contribui para que o objetivo principal do *Just in time* seja alcançado, ou seja, redução dos estoques, nesta filosofia os estoques são considerados nocivos por ocuparem espaço, representam altos investimentos em capital, mas principalmente, por ocultar os problemas da produção gerando baixa qualidade e produtividade (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Este sistema produtivo, também possibilita que as empresas fabriquem uma grande variedade de produtos e garantam seus processos produtivos, conforme pedidos específicos além de entregá-los aos clientes com *lead time* mais curto. O diagrama em forma de casa do sistema da Toyota mostrado na Figura 1 evidencia que a base de sustentação do *Lean Manufacturing* é a eliminação total dos desperdícios e paradas desnecessárias, além das principais características da metodologia, bem como seus dois pilares, o *Just in Time* ou JIT, e a automação ou *Jidoka*, entre outros componentes essenciais do sistema (QUEIROZ; ARAÚJO; RENTER, 2004; WOMACK, 2004).

Figura 1- Sistema Toyota de produção.



Fonte: Guinato, (2008).

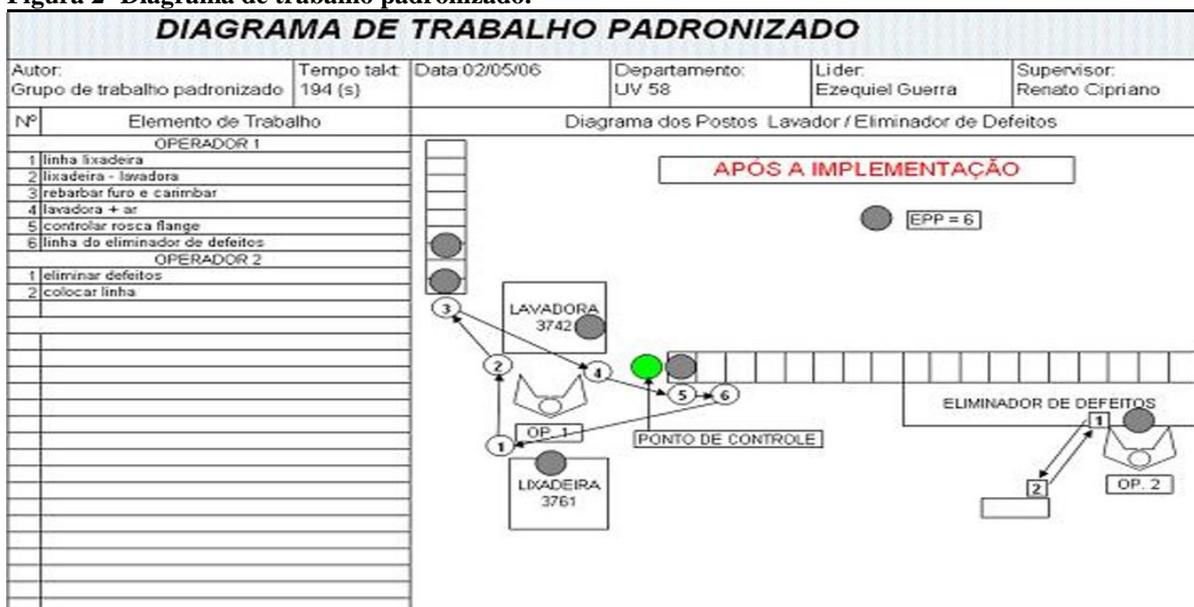
A base de todo Sistema Toyota de Produção é a estabilidade, que nada mais é, um ambiente sob controle e com previsão garantida para obter uma produção de itens sem defeito, na quantidade e momento certo. A padronização procura obter o máximo de produtividade identificando e eliminando as perdas, porém há necessidade de ter uma programação nivelada. (SHINGO, 1996; GEORGE, 2012).

2.2.1 Trabalho padronizado

A padronização dos processos de produção é fundamental para a repetitividade dos processos, ou seja, para que o processo seja repetido conforme requisitos de qualidade determinados e na garantia que o produto manufatura esteja de acordo com os requisitos que o cliente deseja (MAXIMIANO, 2004).

O Trabalho Padronizado (TP) é tratado com extrema seriedade na Toyota, cria e controla padrões de desempenho e os procedimentos adotados, suportado por um sistema de informação eficaz à execução, através deste se sustenta a estabilidade no sistema produtivo. Essa estabilidade tem um grande impacto na segurança no trabalho, na qualidade da execução das tarefas que reflete na qualidade do produto e obviamente na produtividade não tendo desvios desnecessárias ou paradas não calculadas (LUCENA; ARAUJO; SOUTO, 2006; KOSAKA, 2007).

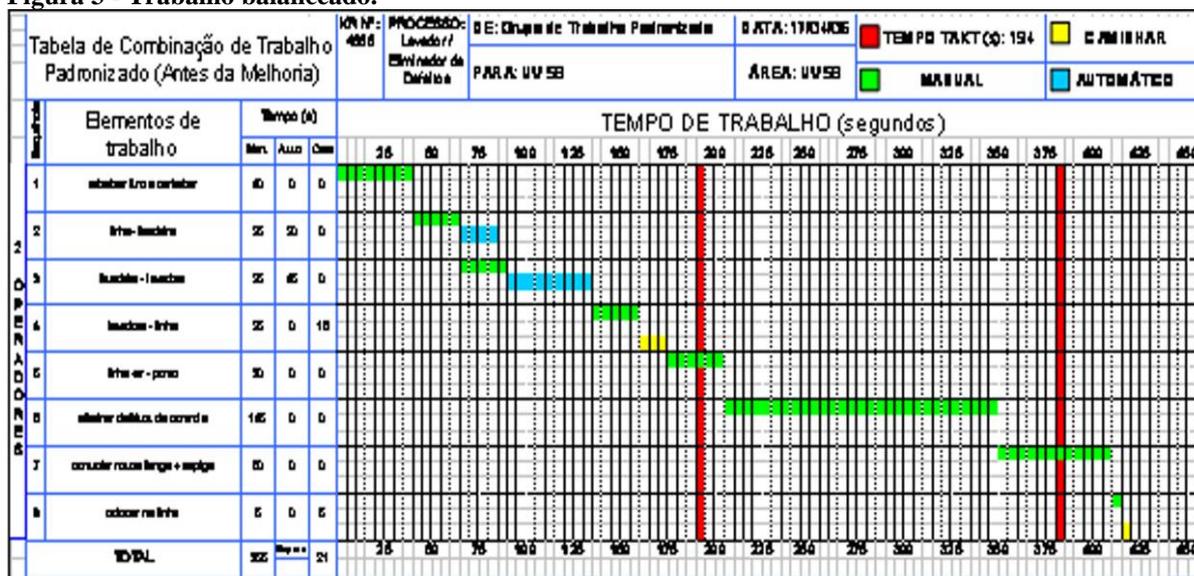
Figura 2- Diagrama de trabalho padronizado.



Fonte: Mariz; Picchi, (2013).

Existem documentos básicos para a criação do trabalho padronizado, entre eles: diagrama de trabalho padronizado que registra o tempo *takt*, *layout* entre outros, Figura 2; tabela de combinação de trabalho padronizado, Figura 3, que possibilitam a análise da distribuição do trabalho. Trabalho Padronizado é uma ferramenta essencial da manufatura enxuta e, se bem aplicado, poderá reduzir complexidades e subjetividades e ser a base para a resolução de problemas e para o processo de melhoria contínua, propõe a análise e investigação destes motivos (MAXIMIANO, 2004).

Figura 3 - Trabalho balanceado.



Fonte: Mariz; Picchi, (2013).

A implantação destas ferramentas implica em várias melhorias: melhor distribuição das cargas de trabalho; atendimento a demanda do cliente sem a necessidade de horas extras; incorporar funções para outros departamentos; evitar desperdício com movimentações desnecessárias; redução da carga de trabalho; manutenção do tempo *takt* e eliminação do desperdício da espera (KISHIDA et al., 2006; MARIZ e PICCHI, 2013).

2.3 GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO (GPT)

A GPT de uma organização é uma das questões relevantes no âmbito da gestão da produção, compreendendo aspectos relacionados a problemática das rotinas e melhorias dos postos de trabalho. Em tempos modernos, o conceito de sistema e suas implicações vêm alterando a forma de pensar os Sistemas Produtivos. Os conceitos, princípios e técnicas do o (*Toyota Production System – STP*) e da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints – TOC*), evidenciaram a necessidade de modificar a forma como os postos de trabalho vêm sendo gerenciados nas organizações (NAKAJIMA, 1988; ANTUNES et al., 2008).

A ferramenta e utilização do método de GPT é relevante para a empresa melhorar seu desempenho econômico-financeiro, através de ações realizadas diariamente, relacionadas a cada posto de trabalho da empresa em seus processos, essas ações se referem à qualidade, manutenção, troca de ferramentas rápida, metodologia 5S, produção, melhoria contínua, engenharia de processo, ergonomia e segurança do trabalho (KLIPPEL, 2003; ANTUNES et al., 2013).

Desta forma, os autores apontam quatro tópicos gerais, que devem ser levados em consideração quando se faz uma gestão dos postos de trabalho, focar as atividades de melhoria nos gargalos, nos Recursos de Capacidade Restrita (CCR's), e postos que geram refugos e retrabalhos, além de um medidor de eficiência nos postos de trabalho, com o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), implementar planos de melhorias sistêmicos e focados no resultado global da empresa (CHIARADIA, 2004; ANTUNES et al., 2013).

2.3.1 Cronoanálise

Segundo Barnes (1977), a grande competição no mercado faz com que as empresas se sintam pressionadas a otimizarem suas atividades e seus métodos de gestão, devendo estar atentas à inovação de produtos e novas maneiras de gerenciar uma organização para se tornar competitiva no mercado e gerar lucro financeiro.

A cronoanálise segundo Barnes (1977), é uma ferramenta aplicada para cronometrar e estudar o tempo que uma pessoa leva para realizar uma operação em um processo industrial, calcula-se o tempo, coletando dados do operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, executa seu trabalho sem dificuldade utilizada como ferramenta para quantificar os gargalos do processo produtivo aliado a ela foi empregado às ferramentas de qualidade para avaliar estes gargalos a estabelecer os planos de ações para analisar e melhorar seus processos (RODRIGUES, 2006; MARÇAL et al., 2014).

2.3.2 Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo transcorrido entre a repetição do início ao fim da operação, o tempo de produção de cada produto compreende as etapas de preparação, carregamento, processamento de agregação de valor, descarregamento, transporte entre outros (FERRO, 2005; KOSAKA, 2007).

Em um sistema de produção, o tempo de ciclo é determinado pelas condições operativas da célula ou linha, considerando-se com 'n' postos de trabalho, o tempo de ciclo é definido em função de dois elementos: tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo-padrão); número de trabalhadores na célula ou linha, o tempo de ciclo da linha ou célula é o tempo de execução da operação, ou das operações, na máquina/posto mais lento, em outras palavras, é o ritmo máximo possível, mantidas as condições atuais, definido pelas características das máquinas e pela configuração da linha ou célula, alocação de trabalhadores aos postos de trabalho (ROTHER; SHOOK, 2003; SILVA; 2013).

2.4 PAYBACK SIMPLES

O *payback* é o cálculo do tempo que levará para um investimento se pagar, uma ferramenta de grande uso no mundo dos negócios para auxiliar nas tomadas de decisões, decorrente do seu fácil entendimento e aplicabilidade definidos por Gitman (2002), como o período necessário para recuperar o capital investido. Sua regra básica é, quanto mais tempo a empresa precisar esperar para recuperar o investimento, maior a possibilidade de perda, por outro lado, quanto menor for o período de *payback*, menor será a exposição da empresa aos riscos, conforme descrição do autor na equação 1 do *payback* simples é o investimento dividido pela receita.

$$\text{Payback simples} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Receita}} \quad \text{Equação 1}$$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para encontrar o foco do problema o pesquisador e *Designer*, deve estabelecer metas e soluções claras, também é necessário a utilização das diretrizes conceituais, evitando retrabalho e utilização equivocada de tempo do cronograma de atividades. Neste sentido, o *Design Science Research* (DSR) é uma ferramenta de metodologia para otimizar o desenvolvimento de artefatos e práticas que proporcionem um eficiente acesso e o desenvolvimento de inovações eficazes para a criação, gestão e avaliação dos recursos (HEVNER, et al., 2004; HEVNER, 2007).

Desta forma o presente estudo buscou desenvolver um produto automatizado, que elimina a necessidade da limpeza manual de uma máquina de corte a plasma, minimizando o tempo de paradas de limpeza e paradas de produção.

O estudo foi ambientado em uma indústria no oeste catarinense, empresa fundada em 1969, empregando em média 500 funcionários distribuindo em duas unidades fabris, sendo a matriz em Nova Bassano e a filial em Chapeco-SC, o estudo foi realizado no período de julho a novembro de 2021. Para o desenvolvimento da metodologia, as pesquisas que se fundamentam em DSR são direcionadas por meio das etapas: conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Atividades do DSR.

Etapas	DESCRIÇÃO
Conscientização	Fase de definição e formalização do problema a ser solucionado, seu ambiente externo e as soluções satisfatórias necessárias.
Sugestão	Fase de criação, análogo ao processo de teorização, onde é gerada a sugestão
Desenvolvimento	Fase da constituição dos artefatos.
Avaliação	Fase de verificação do comportamento do artefato no ambiente para o onde for projetado, conforme as soluções propostas.
Conclusão	Fase da formalização geral do processo e sua comunicação às comunidades acadêmicas e de profissionais.

Fonte: Adaptado de Manson, (2006).

De acordo com a metodologia DSR, são necessários separar em etapas para a aplicação do *Lean* e GPT no estudo, conforme apresenta o Quadro 2.

Quadro 2 – Etapas metodológicas para aplicação do *Lean* e GPT no presente estudo.

	Etapa DSR	Entradas	Atividades	Saídas
ETAPA 01	CONSCIENTIZAÇÃO	Problema no processo de limpeza da máquina CNC	Coleta de dados, referencial teórico, orientação.	Alternativa para redução do tempo de limpeza da máquina e descarte do resíduo
ETAPA 02	SUGESTÃO DE MELHORIA	Alternativa para redução de tempo de limpeza da máquina.	Analisar através de cronoanálise o tempo de limpeza da máquina	Proposta de redução do tempo de limpeza, através do <i>Lean</i> , GPT
ETAPA 03	DESENVOLVIMENTO DA MELHORIA	Desenvolvimento da caixa coletora de resíduo, para automatizar o processo de limpeza.	Aplicação do sistema <i>Lean</i> , GPT e gestão visual	Situação atual, como é executado a limpeza da máquina, e a proposta de melhoria.
ETAPA 04	AVALIAÇÃO DO PROJETO	Processo de limpeza atual e processo futuro.	Avaliação do processo futuro e eficiência da utilização do processo padronizado.	Eficiência futura de limpeza da máquina e proposta de implementação do GPT e trabalho padronizado
ETAPA 05	CONCLUSÃO	Novo processo de limpeza da máquina, automatizado.	Descrição de ferramentas utilizadas e métodos.	Lições aprendidas e melhoria contínua.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

3.1 CONSCIENTIZAÇÃO

Na etapa 01, através de coletas de dados *in loco*, análise das possibilidades para o processo atual de limpeza da máquina de corte a plasma no processo industrial, buscou-se através da literatura, ferramentas que pudessem ser utilizadas para a resolução do problema. A literatura utilizada é composta de artigos e livros especializados em uma produção mais limpa e enxuta, diante do exposto uma alternativa para redução no tempo de limpeza da máquina e descarte do resíduo foi apresentada.

3.2 SUGESTÃO DA MELHORIA

Na etapa 02 após a avaliação do processo de limpeza e análise da literatura para escolha das ferramentas a ser utilizada, chegou-se à sugestão da eliminação de limpeza manual do tanque coletor de resíduos classe II da máquina, através da automatização do processo. Esta proposta de melhoria busca agilizar o processo de limpeza, a melhoria é acoplar oito caixas internamente ao tanque da máquina, onde caixas podem ser retiradas com ponte rolantes assim eliminando o processo manual do uso de pás para a retirada do resíduo.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA MELHORIA

Após a sugestão da melhoria, a etapa 03 utilizou-se das ferramentas selecionadas para compreender o processo, desta forma, através da cronoanálise foram levantados os tempos do processo de limpeza da máquina de corte. Esse processo serviu de base para o desenvolvimento da tabela de trabalho padronizado que demonstra a sequência e tempo de cada atividade realizada, norteando assim, o estudo direcionando os processos que deveriam ser automatizados e os ganhos que tais proporcionariam. Também foi desenvolvido o diagrama de trabalho padronizado, evidenciando a movimentação dos operadores no processo de limpeza, proporcionando a análise e possíveis otimização de mão de obra neste processo.

3.4 AVALIAÇÃO DO PROJETO

Nesta fase foi realizada a análise de viabilidade técnica e econômica da proposta. A análise técnica foi realizada com base em dados obtidos ao longo do estudo comparando-os a estudos encontrados em bases bibliográficas conceituadas. Entretanto, para a análise de viabilidade econômica, foi utilizada a equação do *payback* simples para demonstrar o tempo que o investimento da proposta sugerida levará para se pagar.

3.5 CONCLUSÃO

A última etapa compreende a apresentação e conclusão das aplicações de ferramentas do método *Lean*, trabalho padronizado e GPT. Diante do exposto foi possível verificar a busca por inovação, trazendo soluções alternativas, com menos custos e maiores rentabilidades. Além dos resultados de conclusão, os mesmos foram comparados com os resultados de outros estudos, dos quais utilizou-se destas ferramentas para comparação e validação do estudo.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

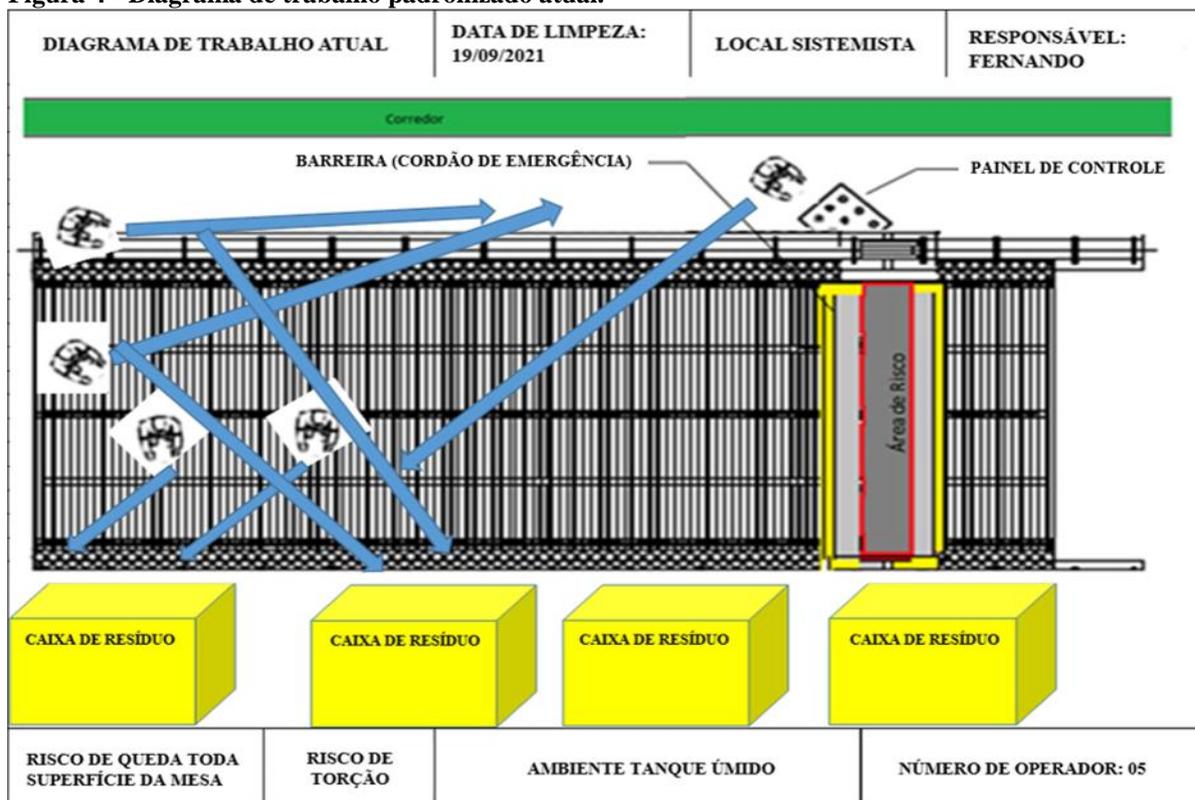
4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

No presente projeto na empresa X, identifica que na máquina de corte a plasma, ao realizar sua atividade gera resíduos sólidos que são coletados em um tanque de água abaixo da mesa de corte, esta água possui concentração de alguns elementos químicos que servem como

agentes repelentes de mosquito e manutenção da água evitando sua decomposição e emissão de odores. A principal função da água é evitar a emissão de poeira gerada pelo corte, e transformar os resíduos em uma borra úmida, considerado resíduo classe II. Após o resíduo submergir na água se depositando no fundo do tanque, é realizada a retirada internamente, e posteriormente o descarte é realizado por uma empresa terceira.

Ao realizar um acompanhamento deste processo, buscou-se através do método de trabalho padronizado, mapear e sequenciar todas as atividades necessárias para a limpeza da máquina. O diagrama de trabalho padronizado elaborado Figura 4, tem objetivo evidenciar toda a movimentação realizada pelos operadores no processo de limpeza que consiste em: (i) retirar a água do tanque da máquina; (ii) retirar as grades; (iii) posicionar containers; (iv) carregar containers; (v) fazer a limpeza de trilhos; (vi) alocar novas grades; (viii) lavagem do setor.

Figura 4 - Diagrama de trabalho padronizado atual.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Para realizar a limpeza da máquina, primeiramente realizado uma orientação pelo supervisor sobre a atividade e seu objetivo, indicando seus riscos e com foco na segurança da tarefa, para realizar a limpeza são necessários 5 funcionários, sendo as atividades distribuídas, iniciando com: 1 funcionário retirando a água com a bomba; 1 retirando as grades; 1

posicionando os contêineres; 2 iniciam a atividade com as pás, onde aos poucos vão revezando a atividade, até encher os 4 contêineres.

Quadro 3 – Combinação do trabalho padronizado para o processo e limpeza do corte a plasma.

Tabela de combinação antes da melhoria	Data:17/09/2021		Tabela de tempo de limpeza maquina CNC Plasma													
	Setor Sistemista			Tempo trabalho padronizado em horas												
Elemento de trabalho	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Retirar agua tanque	x															
2 Retirada grade superior		x														
3 Posicionar contêineres			x													
4 Limpeza tanque manual Maquina		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
8 Limpeza trilhos															x	
9 Alocar grades novas																x
10 limpeza com jato a agua																x
								x	Atividades necessárias mas que não agregam valor							
								x	Atividades que não agregam valor (ANV)							

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Diante do diagrama do trabalho padronizado, foi desenvolvida a tabela de combinação do trabalho padronizado, para verificar as atividades necessárias, mas que não agregam valor ao processo (ANNV) e as atividades que não agregam valor ao processo (ANV) e podem ser eliminadas e/ou melhoradas, Quadro 3.

Como pode ser observado no Quadro 3, o trabalho de limpeza desta máquina totaliza 16 horas do início ao fim do processo, com atuação dos dois turnos. Dentre as atividades realizadas, as atividades que não agregam valor, mas que exige maior tempo é a atividade de retirar os resíduos de forma manual do tanque. Esta atividade representa aproximadamente 81% do tempo total de máquina parada para o processo de limpeza. Além de ser o processo mais demorado, este processo exige maior esforço físico e deixa o funcionário em uma posição que pode causar danos ergonômicos a sua saúde, devido à posição de trabalho exigida ao encher os contêineres de forma manual conforme exemplificado na Figura 5.

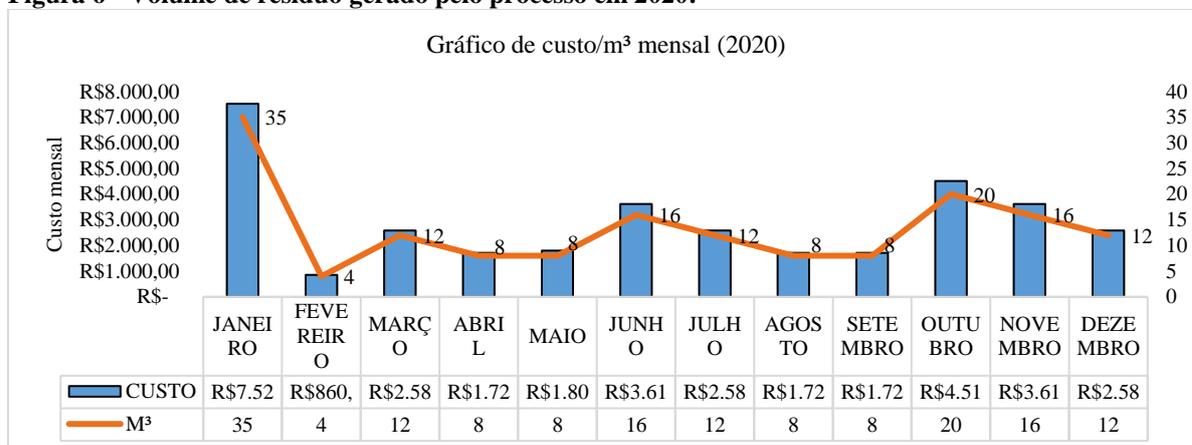
Figura 5 - Posição de funcionário para realizar a atividade.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Outro impacto analisado durante o processo de limpeza é a máquina ficar dois turnos parados sem produção de peças, deixando de produzir aproximadamente 7,5 toneladas de peças para o processo seguinte. Esta limpeza do tanque ocorre de forma periódica a cada 4 meses, ou seja, 3 limpezas anuais, resultando na perda de produção total de 22,5 toneladas anual, o que representa ainda uma perda financeira de R\$ 382.500,00.

Figura 6 - Volume de resíduo gerado pelo processo em 2020.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Além da perda de produção por máquina parada, a Figura 6 evidencia o custo que a empresa tem anualmente para o descarte do resíduo classe II, uma média de 159m³ de resíduo, são coletados anualmente. Ou seja, do início de janeiro a dezembro de 2020, através da análise do gráfico, pode ser constatado que a empresa teve um custo aproximado de R\$ 34.830,00 com empresa terceira em descarte de resíduos.

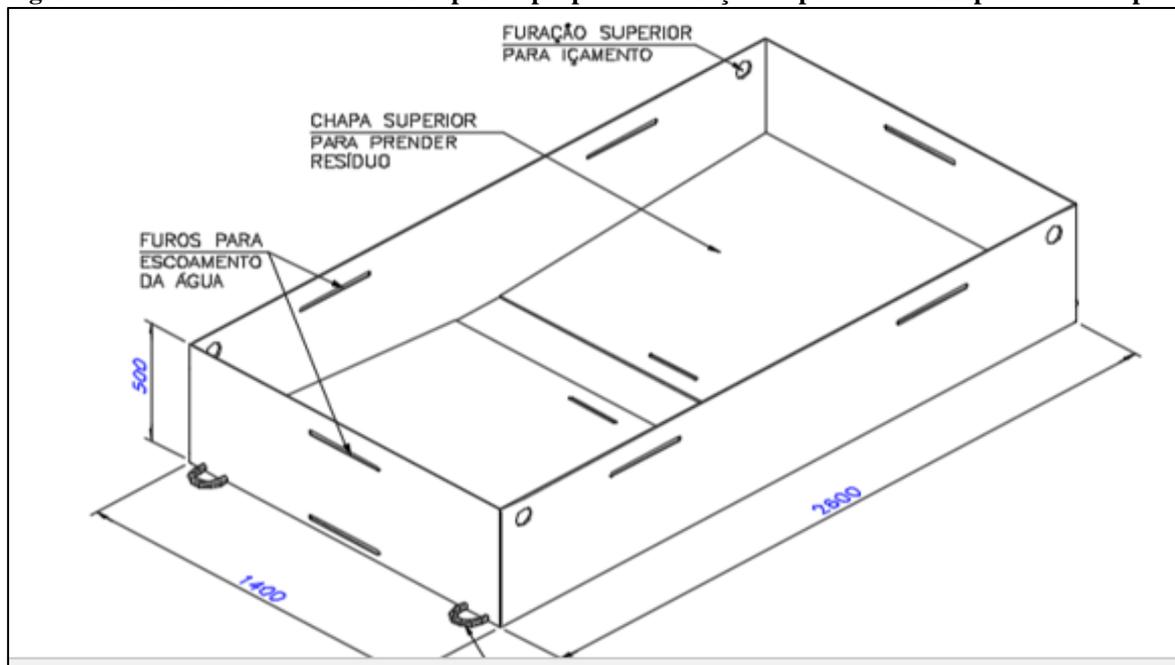
4.2 PROPOSTA DE MELHORIA

A proposta de melhoria do presente estudo visa a automatização do processo de limpeza da máquina, através do desenvolvimento de caixas coletoras que vão ser posicionadas dentro do tanque da máquina. Estas caixas têm como objetivo coletar toda a borra de corte do resíduo, não sendo então necessário ter os funcionários para juntar os resíduos com pás. Para confecção dessas caixas a empresa poderá contar com os recursos próprios, sendo assim a construção da caixa será composta pelos seguintes materiais e processo.

- Paredes montadas com chapas de aço civil 350 com 6,35mm;
- Corte a Plasma das chapas de acordo com medidas especificadas;
- Montagem e Ponte amento com solda MIG das chapas;
- Solda MIG para união completa das chapas;
- Alça Superior para içamento da caixa;
- Fundo com aberturas para vazão/escoamento de água;
- Jateamento a granalha angular p/preparação pintura.
- Pintura da caixa com fundo Epóxi;

O projeto da caixa coletora está representado através da Figura 7.

Figura 7 - Caixa coletora desenvolvida para a proposta de solução do processo de limpeza do corte plasma.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Esta caixa como representado na Figura 7 tem a largura de 1.400 cm e comprimento de 2.600 cm, desenvolvida com chapa espessura 6,35mm, com furações superiores para o içamento com quatro ganchos e anilhas inferior para realizar o tombamento, dentro do container da

empresa terceira, e furos oblongo para escoamento da água ao sair do tanque principal da máquina.

Figura 8 - Tanque máquina com indicação onde posicionar as caixas.



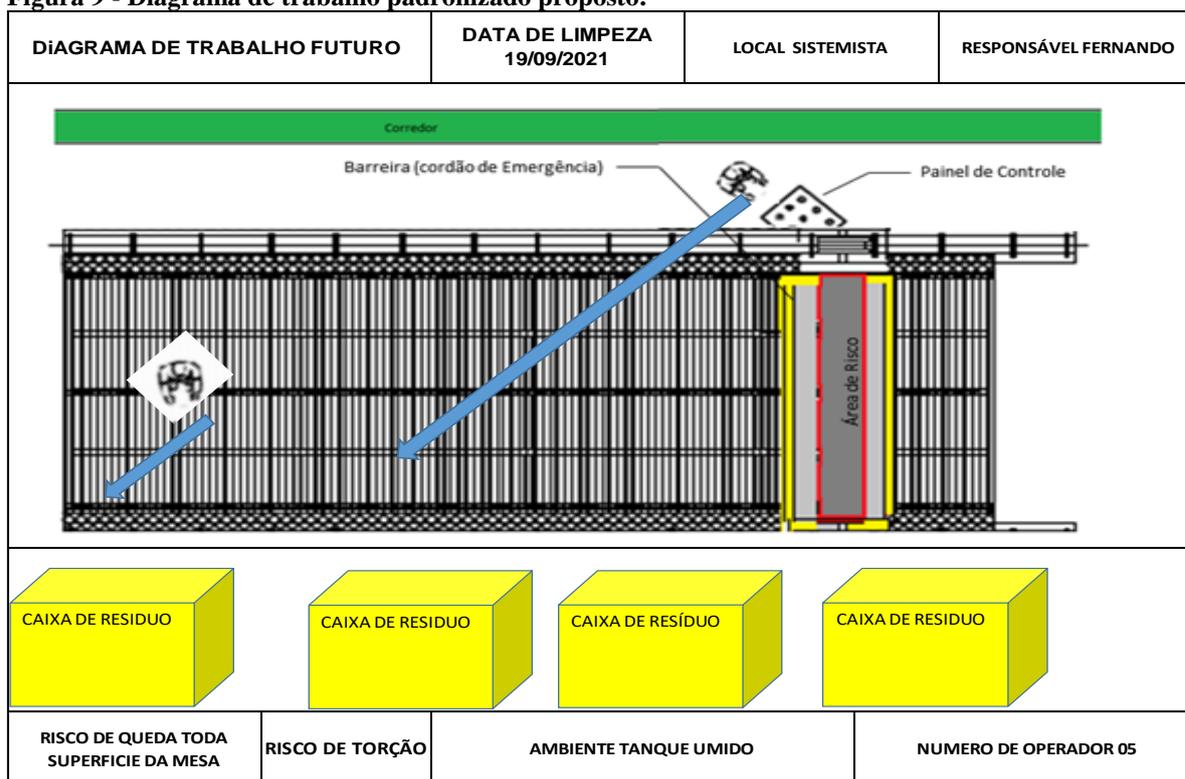
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A proposta é posicionar oito caixas internamente no tanque da máquina, através de ponte rolante, abaixo das grades da mesa da máquina, conforme indicado na Figura 8.

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA PROPOSTA

A análise de viabilidade técnica deu-se com base na proposta de melhoria do processo, diante disto, um novo diagrama do trabalho padronizado, visando somente as atividades necessárias para o novo processo, são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de trabalho padronizado proposto.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme apresentado o novo diagrama, se aplicada a melhoria terá uma redução de mão de obra para executar a limpeza da máquina, otimizando três funcionários para a realizar outras atividades que agreguem valor ao produto da empresa, reduzindo também a probabilidade de acidentes de trabalho, problemas ergonômicos e riscos à saúde em geral.

Através do diagrama, podemos observar que as atividades podem ser realizadas pelo mesmo funcionário, pois após a retirada das grades um já executa o içamento da caixa coletora, acoplada internamente ao tanque da máquina, em seguida já tomba dentro do container da empresa terceira. Este processo é executado 08 vezes ou ser reduzido pela metade quando utilizado dois funcionários, porque podem se ajudar e trabalhar os dois juntos.

Após o novo diagrama, uma nova tabela de trabalho padronizado foi elaborada, Quadro 4.

Quadro 4 – Nova Tabela trabalho padronizado após melhoria.

	Tabela de combinação após da melhoria	Data:	Setor	Tabela de tempo de limpeza maquina CNC				
		17/09/2021	Sistemista	Tempo trabalho padronizado em horas				
	Elemento de trabalho	1	2	3	4	5		
1	Retirar agua tanque	x						
2	Retirada grade superior		x					
3	Posicionar contêineres			x				
4	Limpeza tanque automatizado Maquina			x	x			
8	Limpeza trilhos					x		
9	Alocar grades novas						x	
10	limpeza com jato a agua						x	
x	Atividades necessárias mas que não agregam valor (ANNV)							
x	Atividades que não agregam valor (ANV)							

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Como pode ser visto através do Quadro 4, ainda existem atividades ANV, mas que são necessárias para o processo, é importante verificar a redução de tempo destas atividades que foi de 11 horas, ou seja, uma redução de 68,75% do tempo total gasto para fazer a limpeza da máquina. Além do ganho de tempo, pode ser observada também a redução da parada de linha de produção, que resultará em um aumento da capacidade produtiva anual da máquina de corte plasma CNC em 68,71%. Se comparado ao estudo de George (2012), com a implantação de metodologia de análise do valor agregado em uma indústria metalúrgica de produtos sob encomenda, conclui-se que é necessário dedicar mais tempo para analisar os processos, buscando reduzir ao máximo os tempos que não agregam valor, também serviu para evidenciar e agir com rapidez sobre os desperdícios, trazendo uma possibilidade concreta para aumentar a produção e a produtividade, onde foram alcançadas metas pré-estabelecidas de 88% para o valor agregado e de 95% para a ocupação do posto de trabalho, o que está alinhado ao presente estudo.

Outra análise avaliada na sugestão da melhoria deste estudo é a comparação de limpeza atual e futura, onde atualmente são necessários 05 funcionários e se implementado a melhoria serão necessários somente 02 funcionários, reduzindo a mão de obra em 60% na atividade de limpeza da máquina. Alinhado com o presente estudo, Silva et al. (2013), na implantação da automação industrial em uma fábrica de borrachas escolares, através da criação de uma célula robotizada para a operação de embalagem, para readequação da alimentação de linha de carimbar e embalar da borracha escolar A, efetuou-se um teste com o alimentador por panela

vibratória. Os resultados mostraram um acréscimo de 40 % na capacidade de produção, redução de dois funcionários e redução de 9,59% do custo final do produto.

4.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PROPOSTA

Para analisar a viabilidade econômica da proposta de melhoria no processo de limpeza da máquina, é necessário realizar uma simulação do ganho esperado, com base nisso o investimento da melhoria para o desenvolvimento da automatização tem um custo orçado de R\$32.000,00, com produção interna das caixas coletoras. Outro ponto analisado e comparado com a sugestão de melhoria é uma redução no tempo de limpeza da máquina de 16 horas que o processo atual exige, para um tempo proposto de limpeza de 5 horas. Essa redução no tempo de limpeza resulta em um ganho de produtividade de 5,16 toneladas de peças produzidas, o que representa um ganho monetário anual de R\$ 262.820,00, como pode ser observado nos cálculos a seguir Figura 10.

Figura 10- Análise de resultados.

Tempo de Limpeza			Mão de Obra para Limpeza		
Tempo Atual (hora)	Tempo Proposto (horas)	Redução	Mão de Obra Atual - Funcionários	Mão de Obra Proposta - Funcionários	Redução
16	5	68,75%	5	2	60,00%

Perda de Produção		
Produção Atual (ton)	Produção Proposta (ton)	Ganho
7,5	2,34	68,71%

$$\text{Payback Simples} = \frac{\text{R\$ 32.000,00 (Custo fabricação Caixas)}}{\text{R\$ 262.820,00 (Receita Líquida)}}$$

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Se comparado ao estudo de Guimarães (2014), através do método de custeio baseado em atividades mapeadas, obteve redução de custos operacionais produtivos, ao calcular os valores destas melhorias foi possível observar uma redução de R\$ 165,26, no custo do lote, ou seja, de R\$ 0,14 no custo por produto. Desta forma entende-se que o estudo em questão encontrou resultados muito bom para a aplicação se comparado com o estudo de Guimarães (2014).

Com base nos dados de investimento e ganho de produtividade da proposta, a análise do *payback* simples foi calculada com base na equação 01. Para análise, utilizou-se o ganho de produtividade como receita e o custo de fabricação e aplicação das caixas coletoras como investimento.

$$\textit{Payback simples} = \frac{R\$ 32.000,00}{R\$ 262.820,00}$$

$$\textit{Payback simples} = 0,12 \textit{ ano}$$

Baseado no cálculo do *payback* simples é possível verificar que o investimento se paga em 0,12 ano, ou seja, 44 dias, diante disto é possível dizer que o investimento é viável, pois se comparado ao estudo de Pereira et al. (2016) que também alcançou o *payback* satisfatório onde apresentou que o investimento retornará em 2 anos, 7 meses e 7 dias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo analisar e sugerir a automatização do processo de limpeza de uma máquina em um processo corte a plasma CNC no oeste de Santa Catarina. Através do diagrama de trabalho padronizado e tabela de combinação do trabalho padronizado para o processo de limpeza do corte plasma CNC a proposta foi construída.

Como resultados do estudo, a comparação do sistema de limpeza atual e a proposta de melhoria futura demonstrou ser possível reduzir em 60% o número de funcionários para realizar a atividade, realocando para outras atividades que agregam valor ao produto final da empresa. Esta proposta de automatização também buscou diminuir o impacto de produção. Sem a melhoria, deixava-se de se produzir de 7,5 toneladas. Com a implementação da melhoria houve redução de perda de apenas 2,34 toneladas, resultando um ganho de produção de 5,16 toneladas de peças produzidas.

Outro benefício encontrado ao longo do estudo, foi eliminar o custo de descarte do resíduo classe II borra de corte a plasma e oxicorte que é gerado e tem um custo de R\$34.815,00 anual de descarte. Para isto foi localizada junto com a segurança da empresa uma empresa X que faz a coleta sem custo e é destinada para usinas.

Diante do exposto, o estudo demonstrou ser viável tecnicamente e financeiramente, demonstrando que o investimento total do processo de melhoria se paga em apenas 44 dias.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 14001: **Sistemas de Gestão Ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: conceito e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; BORTOLOTO, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I.; **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BAAS, L., 2007. **To make zero emissions technologies and strategies become a reality, the lessons learned of cleaner production dissemination have to be known**. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1.205-1.216.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

CHIARADIA, Áureo José Pillmann. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na Gestão e Melhoria Contínua de Equipamentos: Um estudo de caso indústria automobilística**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2004. Disponível em: www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4470/000457034.pdf?...1. Acesso em: ago. 2021.

CNTL – **Centro Nacional de Tecnologias Limpas**. Site institucional. <http://www.senairs.org.br/cntl/>. Acessado em: 22 ago. 2021.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT - Um Enfoque Estratégico**. São Paulo: Atlas, 2009.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2008. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/424/396>. Acessado: 20 Nov de 2021.

FERRO, J. R. Apêndice E: **a produção enxuta no Brasil**. In: WOMACK, P. James; JONES, T. D.; ROOS, D. In: *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

FIGUEIREDO, V. F. **Produção mais limpa nas pequenas e microempresas: elementos inibidores**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. Anais do XXIV ENEGEP, 2004.

GEORGE, M. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed**. London: McGraw-Hill, 2012.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção**. In: Adiel T. de Alemida & Fernando M. C. Souza. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: UFPE, 2008. Cap. 2.

GUIMARÃES, S.; MEDEIROS, S.H.; SANTANA, B. F.A.; PEREIRA, S.M.; **Redução de custos no processo produtivo com a utilização do ABC e ferramentas Lean: estudo de caso em uma indústria de componentes de refrigeração.** 2014. Disponível em: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/1217/637>. Acessado em: 20 de nov. de 2021.

GREENPEACE. 2009. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/>. Acesso em: ago, 2021.
HENRIQUES, L. P.; QUELHAS, O. L. G. **Produção Mais Limpa: Um exemplo para sustentabilidade nas organizações.** 2007. Disponível em: 306_306_PMaisL_Conceitos_e_Definicoes_Metodologicas (aedb.br) . Acesso em set de 2021.

HEVNER A.R.; MARCH S.T.; PARK J.; RAM S. **Design science in information systems research.** MIS Quarterly Vol. 28 No. 1, p. 75-105/March 2004.

HEVNER, A. R. **A Three Cycle View of Design Science Research.** *Scandinavian Journal of Information Systems*, 19(2). p. 87-92. 2007.

KISHIDA, Marino; SILVA, Adriano Henrique ThyssenKrupp; GUERRA, Ezequiel. **Benefícios da implementação do Trabalho Padronizado na ThyssenKrupp.** *Lean Institute Brasil*, 2006.

KLIPPEL, Altair Flamarion. **Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos.** 2003. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0103_0528.pdf > Acesso em Agos. 2021.

KOSAKA, G. I. Kaizen. Coluna – Gilberto Kosaka. **Lean Institute Brasil.** 2007. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_226_28378.pdf. Acesso em: ago, 2021.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações.** 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LASA, I. S.; CASTRO, R.; LABURU, C. O. **Extent of the use of lean concepts proposed for a value stream mapping application.** *Production Planning & Control*, v. 20, n. 1, p. 82-98, 2009.

LUCENA R. L.; DE ARAUJO M. M. S.; SOUTO M. S. M. L. **A padronização de processos operacionais como instrumento para a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito: estudo de caso na indústria têxtil.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 26., 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2006.

MARÇAL, Luciana Lobato; SILVA, Ana Carolina Alcantara; COSTA, Nayara Nogueira. **Aplicação do MASP, utilizando o ciclo PDCA na solução de problemas no fluxo de informações entre o PPCP e o almoxarifado de uma fábrica de refrigerantes para o abastecimento de tampas plásticas e rolhas metálicas.** Trabalho apresentado no XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: Acesso em: 7 ago. 2014.

MARIZ, Renato Nunes; PICCHI, Flávio Augusto. Método para aplicação do trabalho padronizado. *Ambiente Construído*, v. 13, n. 3, p. 7-27, 2013.

MAXIMINIANO, Antonio César Amaru. **Teoria geral da Administração: da revolução urbana a revolução digital**. São Paulo: Atlas, 2004.

MEDEIROS, D.D.; Calábria, F.A.; Silva, G.C.S.; Silva Filho, J.C.G. 2007. **Aplicação da produção mais limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua**. *Revista Produção*, v.17, n.1, p.109-128.

NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM - Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988

OECD **Reference Manual Strategic Waste Prevention Europe**. Paris: ENV/EPOC/PPC 2000; Disponível em: [http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/epoc/ppc\(2000\)5/final&doclanguage=en](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/epoc/ppc(2000)5/final&doclanguage=en). Acesso em: ago, 2021.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA FILHO, F. A. **A aplicação do conceito de produção limpa: estudo em uma empresa metalúrgica do setor de transformação do alumínio**. 2001. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

OMETTO, A.R. et al., 2015. **Identificação dos benefícios e dificuldades da produção mais limpa em empresas industriais do estado de são paulo**. São Paulo, pp.458–481.

QUEIROZ, J. A.; ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real**. In: EGENEP. Santa Catarina. 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007. 750 p.

PEREIRA, S. A. D.; ARRUDA, M. G.; AZEVEDO, A. G. B.; ARAÚJO, S. R.; REIS, A. R.; **Estudo da viabilidade de investimento em uma indústria de confecções: Utilização das técnicas VPL, TIR, Payback Descontado e Índice de Lucratividade**. Mato Grosso. 2016.

RODRIGUES, Marcus Vinícius Carvalho. **Ações para a qualidade GEIQ: Gestão integrada para a qualidade padrão Seis Sigmas, classe mundial**. 2. ed. atualizada e ampliada. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

ROTHER, Mike.; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Instituto Brasil, 2003

SEVERINO, M.R. et al., 2014. **Proposta de implementação de filosofias de gestão ambiental em escolas**.

SEVERO, E.A., Olea, P.M., Milan, G.E., Dorion, E. 2009. **Produção mais limpa: o caso do arranjo produtivo local metal-mecânico automotivo da Serra Gaúcha**. In: 2st International Workshop Advances in Cleaner Production, UNIP, São Paulo.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.

SILVA, E. L. A.; SILVEIRA, T.; MORAES, R. A. J.; BRUM, M. M. T. **Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares**.2013. Disponível em:
PROPOSTA_DE_AUTOMACAO_INDUSTRIAL_EM_UMA_EMPRESA_FA.pdf.
Acessado em: 20 de nov. de 2021.

USEPA, U.S. **Environmental Protection Agency Definition of "Pollution Prevention"**. Washington, D.C., 1992. Disponível em: <<http://www.epa.gov/p2/pubs/docs/pollprev.pdf>>
Acesso em: set, 2021.

VELASCO, R. F.; **A Produção Mais Limpa e seu Impacto Econômico na Sociedade**; Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC; 2004; Acesso em: 23 set. 2012.

WOMACK, James P., **A mentalidade enxuta nas empresas**, Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

WOMACK, James P.; JONES, Daneil T.. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 10. Ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2004.