

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**JOÃO FELIPE CADORE GARCIA
VITOR HUGO RAMOS RODRIGUES SILVA**

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS DO PARANÁ**

LONDRINA

2022

**JOÃO FELIPE CADORE GARCIA
VITOR HUGO RAMOS RODRIGUES SILVA**

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS DO PARANÁ**

**Implementation of Lean Manufacturing system in a tempered glass industry in
Paraná**

Trabalho de conclusão de curso da disciplina de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dra. Silvana Rodrigues Quintilhano.

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JOÃO FELIPE CADORE GARCIA
VITOR HUGO RAMOS RODRIGUES SILVA**

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de
Produção da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 21/novembro/2022

Silvana Rodrigues Quintilhano
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rogério Tondato
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Ângelo Ferreira
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA
2022**

RESUMO

Atualmente, a competitividade e inovação do mercado preocupam e desafiam os gestores, trazendo atenção a métricas como qualidade e produtividade. Com isso, o *Lean Manufacturing* torna-se uma opção atrativa pois a partir dela é possível melhorar esses dois aspectos de um processo produtivo. Buscando essas melhorias, este trabalho busca aplicar o sistema de produção *Lean Manufacturing* em uma indústria de vidros temperados no Paraná, buscando melhoras no *lead time* e volume produtivos, assim como a redução do índice de não conformidades. Para tanto, utilizou-se como metodologia a pesquisa-ação na aplicação diversos princípios *Lean*, como o *just-in-time*, *kanban*, fluxo contínuo, *heijunka*, entre outros. Dos resultados obtidos, constatou-se que o faturamento (por metro quadrado) teve um aumento de 42%, o *lead time* de produção foi reduzido em 17%, a taxa de conversão de matéria-prima em produto finalizado aumentou em 43%, e a quantidade de uma das principais não-conformidades foi reduzida em 75%, resultados alcançados sem alterações no regime de trabalho da empresa, comprovando a eficácia do *Lean Manufacturing*.

Palavras-chave: vidro; *lean manufacturing*; *just-in-time*; fluxo contínuo.

ABSTRACT

Currently, market competitiveness and innovation concern and challenge managers, bringing attention to metrics such as quality and productivity. With this, Lean Manufacturing becomes an attractive option because from it, it is possible to improve these two aspects of a production process. Seeking these improvements, this work seeks to apply the Lean Manufacturing production system in a tempered glass industry in Paraná, seeking improvements in lead time and production volume, as well as the reduction of the non-conformity rate. To this end, action research was used as a methodology in the application of several Lean principles, such as just-in-time, *kanban*, continuous flow, *heijunka*, among others. From the results obtained, it was found that revenue (per square meter) increased by 42%, production lead time was reduced by 17%, the conversion rate of raw material into finished product increased by 43%, and the amount of one of the major non-conformities was reduced by 75%, results achieved without changes in the company's work regime, proving the effectiveness of Lean Manufacturing.

Keywords: glass; lean manufacturing; just-in-time; continuous flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de aplicação do pensamento <i>Lean</i>	22
Figura 2: Fluxograma geral dos processos produtivos.....	31
Figura 3: Mapeamento geral dos processos produtivos	33
Figura 4: Formulário “Lista de Verificação de Equipamento” (LVE)	36
Figura 5: Novo fluxo de processo produtivo	38
Figura 6: fluxograma do processo de furação anteriormente e após implementações	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Interrupções de fluxo identificadas por etapa produtiva	34
Quadro 2: Mapeamento de pontos de atenção baseado nos princípios <i>Lean</i> ...	35
Quadro 3: <i>Gemba</i> e <i>gembutsu</i> , não-conformidade 1	41
Quadro 4: Melhorias para correção da não-conformidade 1	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Estratificação por motivo de não-conformidade na furação – Resultados de 2020	40
Gráfico 2: Acompanhamento mensal de faturamento (em metros quadrados) de 2022	43
Gráfico 3: Acompanhamento mensal de <i>lead-time</i> de produção (em dias) de 2022	44
Gráfico 4: Acompanhamento de taxa de conversão de matéria-prima em vidro acabado por homem por hora de 2022	44
Gráfico 5: Estratificação por motivo de não-conformidade no setor de furação – Resultados de 2021	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Problema	13
1.2	Justificativa	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral.....	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	Estruturação	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Sistema Toyota de Produção	16
2.2	<i>Lean Manufacturing</i>	18
2.2.1	Implementação do <i>Lean Manufacturing</i>	22
2.3	Princípios <i>Lean Manufacturing</i>	24
2.3.1	<i>Just-in-time</i> e <i>Kanban</i>	24
2.3.2	<i>Single Minute Exchange of Die</i>	25
2.3.3	Fluxo Contínuo e <i>Heijunka</i>	26
2.3.4	Manutenção Produtiva Total (MPT).....	26
2.3.5	5S e Gestão Visual.....	27
2.3.6	<i>Kaizen</i>	28
2.3.7	<i>Gemba</i> e <i>Gembutsu</i>	29
3	METODOLOGIA	30
4	APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING NUMA EMPRESA DO SETOR DE VIDROS	31
4.1	Detalhamento da Empresa	31
4.2	Diagnóstico Inicial	32
4.2.1	Definição de Valor	32
4.2.2	Identificação de Fluxo de Valor	33
4.2.3	Identificação de Interrupções no Fluxo.....	34
4.3	Descrição do Modelo de Implementação	35
4.4	Desenvolvimento da Implementação	35
4.4.1	Manutenção Produtiva Total.....	36
4.4.2	Sistema Puxado	37
4.4.3	<i>Just-in-time</i> e <i>Heijunka</i>	37
4.4.4	<i>Kaizen</i>	39

5	RESULTADOS OBTIDOS	43
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
7	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Com o mercado competitivo e cada vez mais inovador, as empresas tendem a se preocupar não só com a qualidade dos seus serviços e produtos, mas com seus processos.

É comum que as falhas dos processos acabem afetando a produtividade e a qualidade do produto final, tornando-se fundamental uma gestão efetiva, para avaliação e investimento de melhorias. Nesse sentido, a gestão de processos está intimamente ligada à melhoria contínua.

Há metodologias e técnicas de qualidade que permitem a identificação e retificação de erros nos processos. O sistema de produção *Lean Manufacturing*, quando implementado proporciona uma resposta rápida ao pedido, um preço justo, uma alta customização dos produtos sempre olhando pela óptica do cliente.

Evidentemente, o *Lean Manufacturing* é uma metodologia que busca eliminar os desperdícios, ou seja, identificar ações que agregam valor e intensificar, e, concomitante, exclui aquelas que não agregam valor (LIKER, 2005).

Desta maneira, é amplamente estudado e discutido o sistema de produção *Lean Manufacturing*, pelo fato de que quando implementado proporciona uma resposta rápida ao pedido, um preço justo, uma alta customização dos produtos sempre olhando pela óptica do cliente. Assim, a empresa elimina custo e tempo perdido com atividades que não lhe são benéficas, promovendo a melhoria contínua.

Segundo Galhardi (2021), a metodologia de Manufatura Enxuta ou o *Lean Manufacturing* é considerada atualmente umas das melhores práticas de gestão de operações sobre um sistema de produção, sendo um fator principal para a competitividade da indústria.

Diante deste contexto, a pesquisa trará discussões sobre a metodologia Lean e seus conceitos-chave, como o *just-in-time*, *heijunka*, *kaizen*, *gemba* e *gembutsu*, a coleta e análise de indicadores industriais de uma empresa, aplicação de melhorias propostas e a coleta e análise de indicadores e pesquisa de satisfação dos gestores.

1.1 Problema

Um sistema de produção que foi criado com o simples intuito de produzir ou realizar alguma ação tem por consequência natural a produção de filas, estoques finais e intermediários. Essa fila acarreta um aumento do tempo de resposta da

empresa ao pedido do cliente, além de precisar atravessar todo o processo produtivo, terá que “entrar na fila” e seguir com o sequenciamento de produção já estabelecido pelo setor de planejamento.

Para uma indústria de transformação de vidro, objeto desta pesquisa, a sequência desse tipo de produção não é diferente, porém há um agravante ao tratar de estoques entre processos: a diminuição da qualidade das peças. Ou seja, além de diminuir o tempo de resposta às variações da demanda, diminuindo a customização do mix de produção, a existência de inventário em um sistema de produtivo irá levar a organização a perder espaço em um mercado cada vez mais ágil e rápido a mudanças.

Dessa forma, essa pesquisa busca responder à pergunta: De que maneira o sistema *Lean Manufacturing* promove a melhoria da produção, qualidade e o tempo de entrega de produtos, em uma indústria de vidros temperados no Paraná?

1.2 Justificativa

É de conhecimento do contexto organizacional contemporâneo que seus clientes estão buscando produtos altamente customizáveis, com o menor tempo de entrega, mantendo o nível de qualidade exigido e a um preço justo. Um sistema de produção que consegue atender todas essas expectativas e que até hoje é base para muitos cases de sucesso, é o *Lean Manufacturing*.

Em levantamento de pesquisas, Silva e Chirolí (2020) desenvolveram uma proposta baseando na filosofia dos Cinco Sentidos (5S), na adequação do *layout*, e no método de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), como precursores à implementação do *Lean Manufacturing*, obtendo, como resultados positivos para a empresa, melhor organização do setor, redução do *lead time* produtivo em 25% e redução no tempo de setup, melhoria nos tempos de produção, melhor organização, e por fim, padronização das ordens de produção, comprovando a eficácia da metodologia.

Nesse sentido, este trabalho justifica-se pela implementação dessa metodologia em uma indústria de vidros temperados no Paraná, contribuindo à comunidade da Engenharia de Produção trazendo uma aplicação da cultura *Lean* e seus resultados. Também contribuirá para o desenvolvimento acadêmico e profissional dos pesquisadores, visto que unem os conhecimentos teóricos com a realidade da indústria.

1.3 OBJETIVOS

É de conhecimento do contexto organizacional contemporâneo que seus clientes estão buscando produtos altamente customizáveis, com o menor tempo de entrega, mantendo o nível de qualidade exigido e a um preço justo. Um sistema de produção que consegue atender todas essas expectativas e que até hoje é base para muitos cases de sucesso, é o *Lean Manufacturing*.

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar o sistema de produção *Lean Manufacturing* em uma indústria de vidros temperados no Paraná, a fim de buscar melhorias no *lead time* do produto, no índice de não-conformidades e no volume de produção.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um referencial teórico sobre sistemas produtivos com enfoque no *Lean Manufacturing*;
- Realizar a coleta de dados dos indicadores da empresa antes da implementação;
- Aplicar as melhorias propostas;
- Realizar a análise dos resultados obtidos a partir de indicadores produtivos, gerenciais e de qualidade

1.4 Estruturação

Quanto à estrutura, essa pesquisa foi desenvolvida em 4 etapas. Na primeira etapa feito um referencial teórico sobre sistemas produtivos. Na segunda etapa foram coletados e analisados os dados do estado atual da fábrica. Na terceira etapa foram aplicadas as melhorias propostas. Na quarta etapa foi feita a análise e discussão dos resultados, considerando diferentes indicadores e métricas dos sistemas internos da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será desenvolvido um referencial teórico sobre Sistema Toyota de Produção, *Lean Manufacturing*, Princípios do *Lean Manufacturing*, que servirão de embasamento para a aplicação prática desta pesquisa.

2.1 Sistema Toyota de Produção

De acordo com Shingo (2002), produção é uma rede funcional de processos - que transformam a matéria-prima em produto - e operações - ações a fim de executar esses processos. Estes processos eram descontínuos até Henry Ford criar a produção de fluxo, onde os integrou (MAIOCHI, 2021 *apud* LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2020).

Após os eventos da Segunda Guerra Mundial que os gestores da empresa *Toyota Motors Company* precisaram se reinventar para poder sobreviver no mercado, de acordo com Kiichiro Toyoda “se o Japão não alcançasse os Estados Unidos em três anos, a indústria automobilística do Japão não sobreviveria” (OHNO, 1997 *apud* MAIOCHI, 2021 p.15).

Contudo, para conseguirem competir com os Estados Unidos era preciso que o seu portfólio tivesse maior variedade de produtos, mas sempre utilizando o fluxo de produção. Dessa maneira, criaram o Sistema Toyota de Produção que visava a flexibilização da produção, o aumento da produtividade e a eficiência operacional, mas sempre com o objetivo de atender rapidamente os seus clientes com qualidade e com custos baixos (OHNO, 1997).

De acordo com Deveras (2019), o Sistema Toyota de Produção (STP) fundamentava-se em criar uma produção de fluxo contínuo sem necessidade de longos tempos ou lotes produtivos para ser considerada eficiente, dizendo que apenas parte do tempo total agregava ao cliente; a Toyota focava na qualidade e diversidade de seus produtos.

Mandelli (2016) afirma que, a gestão da Toyota e seus resultados durante os anos de crise de petróleo na década de 1970 despertou a curiosidade de muitos. Alguns anos antes, após a Segunda Guerra Mundial, a diretoria da Toyota visitou algumas empresas norte-americanas, que constatou que as práticas de produção em massa eram defasadas, com muitos desperdícios, situação que a Toyota enfrentou como oportunidade de melhoria.

Segundo Shingo (1996) *apud* Mandelli (2016), a manufatura pode ser dividida em quatro etapas distintas: processamento (montagem, desmontagem, formação), inspeção (comparar com referência padrão), transporte (mudança de espaço ou local) e estocagem (período em que o produto não é processado). Organizadas essas etapas de manufatura, o sistema resultante foi intitulado Sistema Toyota de Produção, que foi uma tentativa pioneira de uma nova filosofia de produção.

Nesse sistema, frente à oportunidade de melhoria identificada pela empresa, chegou-se à conclusão de que suas fábricas estavam desperdiçando algo, e que se isso pudesse ser eliminado a produtividade aumentaria, essencialmente definindo a ideia central do Sistema Toyota de Produção, que fez com que o foco maior das questões industriais fosse ao processo e não às operações. (MANDELLI, 2016)

O Sistema Toyota de Produção é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização (GHINATTO, 2000 *apud* BONATO, *et. al.* 2019, p. 4)

Nesse Deveras (2019) faz uma representação do STP como a visão de uma casa, onde o telhado contém os objetivos (qualidade superior, custo reduzido, melhor entrega), e as fundações são por pilares (*just in time* e *jidoka*) e uma base com conceitos básicos e fundamentais (*heijunka*, trabalho padronizado, gestão visual, filosofia Toyota).

De acordo com Ohno (1997) *apud* Mandelli (2016), o *just-in-time* é o pilar cujo conceito é garantir que durante o processo produtivo, na linha de montagem cheguem apenas as quantidades necessárias dos itens necessários. Já o *jidoka* trata de autonomia, que “significa a transferência da inteligência humana para uma máquina” (OHNO (1997) *apud* MANDELLI, 2016, p. 26), fazendo com que esta parasse a produção ao invés de produzir peças defeituosas.

Segundo Rewers *et. al.* (2016), *Heijunka* é uma metodologia de sequenciamento da produção para o balanceamento da produção, aumento da produtividade a partir da flexibilidade e a minimização das diferenças de sobrecarga de operações nos processos.

Vasconcelos (2021) afirma que a Gestão Visual tem como fundamento melhorar o desempenho da organização a partir de meios que facilitem a transmissão e compreensão de informações relevantes, como indicadores de produtividade, de

qualidade e segurança, podendo ser utilizado os mais distintos meios para trazer ou evidenciar as informações, como quadros, painéis informativos, instruções de trabalho, marcação de espaços, entre outros.

O modelo STP requeria que a produção e recebimento de componentes fosse em pequenos lotes, o que levou a empresa a modificar o sistema de trocas para produzir mais produtos em lotes menores, buscando sempre reduzir a chamada “*muda*” – “desperdício” em japonês.

E devido ao seu foco em redução de desperdícios, o Sistema Toyota de Produção, em sua concepção, identificou sete principais fontes de desperdícios em seus processos produtivos, sendo elas: superprodução, tempo de espera, transporte desnecessário, processamento incorreto, excesso de estoque, movimentos desnecessários, defeitos (LIKER (2005) *apud* OIAN, 2019, p. 4).

Conforme Schulz (2015), Sistema Toyota de Produção foi criado como resposta à necessidade de a indústria automobilística japonesa produzir veículos com o mínimo de desperdício, ou seja, operando com baixos níveis de estoque, em layouts compactos e atendendo às necessidades do mercado consumidor, sejam estes representados pelo Japão, EUA ou Europa. (OIAN, et.al. 2019, p. 4)

Além destes sete principais desperdícios, Liker (2005) *apud* Mandelli (2016) define ainda mais um: o desperdício de capacidade criativa dos funcionários.

2.2 Lean Manufacturing

Em 1988, John Krafcik, ao analisar modelos de Fordismo e do Sistema Toyota de Produção, define a Produção Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, conforme cita:

Outras plantas, melhor exemplificado pela Toyota, realmente possuíam operações enxutas. Os níveis de inventário eram mantidos a um mínimo absoluto para que os custos pudessem ser reduzidos e os problemas de qualidade rapidamente identificados e resolvidos; as linhas de montagem sem estoque em processo garantem um fluxo contínuo de produção. (KRAFCIK, 1988, p. 45, tradução nossa)

Com outra aproximação, Bandeira (2021) *apud* Moncayo (2009) definiu o *Lean* como uma filosofia de manufatura que encurta o tempo entre o pedido de compra e o embarque do produto acabado ao cliente, eliminando desperdícios.

Para Schonberger (2007) *apud* Pagliosa (2019), o conceito de *Lean Manufacturing* é uma série de princípios e práticas que têm como finalidade auxiliar os gestores das empresas organizarem e controlarem sua produção.

No livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, de Womack *et. al.* (1992), que traz um estudo do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) sobre a indústria mundial automobilística e as vantagens do uso do Sistema Toyota de Produção, foi cunhado o termo o termo *Lean*, que segundo Ghinato (1996) é apenas uma forma que vem sendo referenciado o STP. (PACHECO, 2014)

Liker *et. al.* (2007) *apud* Pacheco (2014) e The Toyota... (2013) detalham quatro Ps que definem e explicam alguns dos pensamentos fundamentais para a produção enxuta, sendo eles os seguintes:

- a) *Philosophy* (filosofia): o embasamento do *Lean Manufacturing* é, de acordo com o autor, a filosofia enxuta; segundo ela, a missão de uma empresa nunca deve ser focada em geração de lucro, devendo ser composta por três partes na visão dos líderes e gestores, que devem olhar para a empresa como um meio de agregação de valor à economia como um todo, aos clientes, e a todos os envolvidos, além de contribuir à empresa em si;
- b) *Process* (processo): é o P em que as empresas mais focam (e acabam, por muitas vezes, negligenciando os outros três Ps), e diz que os processos envolvidos devem ser certos e gerar resultados certos através de etapas como a criação de fluxo e o balanceamento da produção;
- c) *People & partners* (pessoas e parcerias): este princípio foca no desenvolvimento a longo prazo de pessoas e parceiros, garantindo que haja um aumento contínuo de valor aos clientes; um exemplo de ação em prol disso é o incentivo a funcionários e parceiros em forma de desafios para que cresçam; o capital humano é o mais valioso dos recursos;
- d) *Problem solving* (solução de problemas): para Liker, o foco da solução de problemas reside na atuação na raiz dos mesmos, pois leva à aprendizagem e à melhoria contínua na organização;

A diferenciação de uma empresa tradicional para uma enxuta é a filosofia e metodologia por traz de como produzir, pois resume essa visão *Lean* com dois objetivos básicos fundamentais: minimização dos desperdícios e maximização do fluxo. (DEVERAS, 2016)

Hopp e Spearman (2004), ao analisarem a literatura disponível sobre *Lean Production*, citam que há uma confusão quanto ao real significado de *lean*, pois muitas delas relatam que é apenas uma forma de redução de desperdícios ou perdas, mas que isso não é uma ideia nova e que já havia sido explorada por grandes nomes como

Andrew Carnegie, Fredrick Taylor e Henry Ford, então acreditavam que havia algo mais para este termo, e que não era apenas um novo nome para a redução de perdas.

A nossa opinião é que, enquanto o *lean* certamente está preocupado em causar ou forçar a remoção das perdas, ele representa uma estrutura mais fundamental para elevar a eficiência. (HOPP; SPEARMAN, 2004, v. 6, p. 144, tradução nossa)

Uma definição de *Lean* é a produção de bens ou serviços quando realizada de forma que foi utilizada a quantidade mínima de estoques entre processos e custos relacionados a esta perda. (HOPP; SPEARMAN, 2004)

Womack *et. al.* (1990) *apud* Deveras (2019) define cinco fundamentos básicos que resumem as ideias da filosofia *Lean*: valor, cadeia de valor, fluxo da cadeia de valor, produção puxada (*kanban*) e busca da perfeição (*kaizen*).

Na definição de Deveras (2019), o conceito de valor é definido pelo cliente, que possui expectativas e necessidades, e exige-as à empresa responsável pela produção do produto ou serviço. Definido isto, deve-se analisar as etapas do processo produtivo e identifica o que agrega ou não valor ao produto a fim de se identificar desperdícios no processo, ou seja, definir a cadeia de valor do produto.

Para que os desperdícios ou perdas sejam identificadas, é necessário que se conheça muito bem todos os processos, para que então defina-se quais deles agregam e quais não agregam valor ao produto. As atividades que agregam valor são todas aquelas que fazem com que o produto fique com as características solicitadas pelo cliente, por sua vez, todas as atividades restantes são consideradas como desperdício, ou que não agregam valor (ORTIZ (2006) *apud* DEVERAS, 2019, p. 19).

O fluxo da cadeia de valor é o próximo fundamento, gerindo os estoques dos pequenos lotes ao longo das etapas de processamento.

A produção puxada (*kanban*) busca nivelar os processos a fim de garantir o fluxo contínuo e eficaz e reduza-se os excessos. A busca da perfeição (*kaizen*) é a mentalidade de melhorar continuamente, com objetivo maior de eliminação dos desperdícios: “a filosofia *Kaizen* trata de envolver todas as pessoas da organização para que se concentrem em melhorias globais dessa empresa.” (ORTIZ, 2010 *apud* MANDELLI, 2019)

Segundo Liker (2005) *apud* Deveras (2019), definem-se os grandes desperdícios do *Lean* da seguinte forma:

- a) Superprodução: é a produção em excesso, como por exemplo produção sem demanda, que gera excesso de pessoal, gasto de esforço humano,

excesso de estoques, consumo desnecessário de matéria prima, e uma possível necessidade de descartar o seu produto, possivelmente causando um grande impacto ambiental;

- b) Espera: ociosidade ou tempo de parada, seja por mão de obra, equipamentos, falta de estoque, espera do lote ou processo, gerando custo desnecessários (como de pagamento de funcionários em um período não produtivo);
- c) Transporte desnecessário: um layout ineficiente cria movimentações longas que poderiam ser otimizadas, pois o tempo e custos gastos em transporte não agregam nenhum valor ao produto final;
- d) Superprocessamento: processar o produto por uma etapa que não é necessária ao processo, processo ineficiente por falta de ferramentas ou até projeto de produto com baixa qualidade. “Ohno considerava a principal perda, pois geraria outros tipos de perda” (MANDELLI, 2019); se a etapa não é essencial ao processo, não agrega valor real ao produto na visão do cliente;
- e) Excesso de estoque: podendo ser causados por outros tipos de ineficiências, os estoques de matéria prima, produto em processo ou produto acabado em excesso podem gerar diversos problemas como produtos danificados, custos desnecessários, *lead times* mais longos, obsolescência, desbalanceamento da produção, entre outros possíveis impactos;
- f) Movimento desnecessário: quaisquer movimentos não cruciais ao processo, como procura de peças ou deslocamento para outro posto de trabalho afim de realizar alguma tarefa, são considerados movimentos inúteis por não agregarem valor ao produto final, o layout fabril e do posto de trabalho devem ser otimizados a fim de garantir que as etapas realizadas sejam úteis;
- g) Defeitos: produções foras do especificado pelo cliente geram refugos (cujos descartes podem ser custosos), retrabalhos, tempo gasto em “papelada”, esforço em vão para confecção do produto em primeiro momento, além da possível perda do cliente ou queda na reputação da empresa;

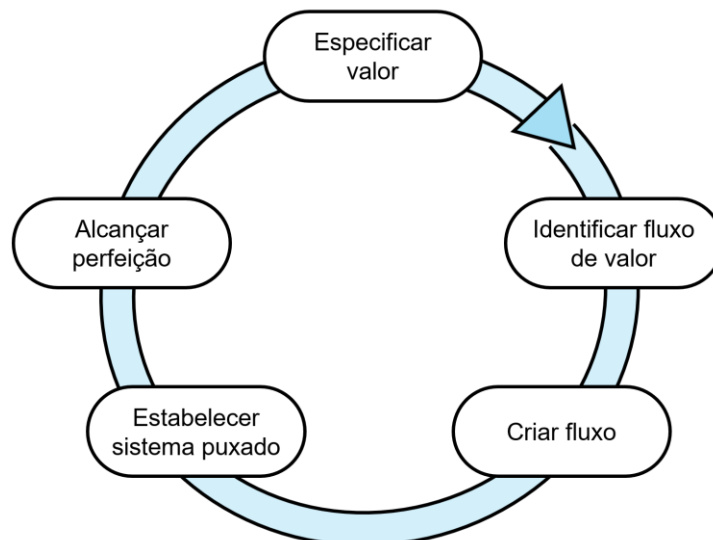
- h) Desperdício da capacidade criativa dos funcionários: a falta de envolvimento de outros funcionários gera perdas de tempo, ideias, habilidades, oportunidades, e aprendizado no corpo de funcionários em geral.

Como meio de combater os desperdícios, são estudados e aplicados de maneira práticas vários princípios, como: implementação do sistema *just-in-time*, a utilização de *kanban* para a produção puxada, aplicação do método SMED (*Single Minute Exchange of Die*) que afeta os *setups* dos equipamentos, a busca pelo fluxo contínuo, a aplicação do *heijunka*, a utilização do método 5S, execução da TPM (*Total Productive Maintenance*) que trata das manutenções, a implementação de uma gestão visual, utilização dos conceitos de *gemba* e *gembutsu*, e a busca da criação da cultura *kaizen*.

2.2.1 Implementação do *Lean Manufacturing*

Para a aplicação do pensamento *Lean*, autores como Womack *et. al.* (2003) denotam algumas etapas sequenciais como essenciais para sua implementação: inicia-se especificando valor, identificando o fluxo de valor, criando este fluxo, estabelecendo um sistema puxado e então buscando a perfeição, conforme Figura 1:

Figura 1: Etapas de aplicação do pensamento *Lean*



Fonte: Autoria própria, adaptado de Womack *et. al.* (2003)

Womack *et. al.* (2003) defendem que o ponto crítico inicial para o pensamento *Lean* é a definição de valor, e que ela está atrelada à visão do consumidor final do

produto, só sendo importante quando atende às necessidades especificadas no preço correto e no tempo correto, e o fornecimento incorreto do produto ou serviço é *muda*. Os autores apontam que o valor é criado pelo consumidor, e do ponto de vista deste, é o porquê da existência dos produtores.

O pensamento Lean deve então começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidos a preços específicos através de um diálogo com o consumidor específico. (WOMACK *et. al.*, 2003, p. 19, tradução nossa)

Tendo especificado o valor, a próxima etapa é a identificação do fluxo de valor. Deveras (2019) resume essa etapa embasando-se no processo do produto, afirmando que se deve olhar para as etapas e definir o que realmente agrega valor ao produto ou serviço. Womack *et. al.* (2003) define como todas as ações específicas para fazer um produto passar pelas fases de resolução de problemas (desde o design até o produto final), gerenciamento de informações (desde recebimento de pedidos até entrega) e transformação física do mesmo (desde matéria-prima a produto final).

O autor afirma que, ao analisar o fluxo de valor, as várias etapas vão ser identificadas e pertencerão a três grupos: as atividades que sem dúvidas acrescentam valor ao produto e são essenciais ao mesmo; as atividades que não criam valor, mas são inevitáveis por limitações de tecnologia ou recursos; e atividades que não agregam nenhum valor e podem ser facilmente evitadas.

Definidos o valor e o fluxo de valor, deve-se garantir que as etapas restantes no processo produtivo devem acontecer em fluxo contínuo, evitando etapas de movimentação ou “departamentização” dos processos produtivos. Mudanças de pensamento, de layout, redução nos tamanhos de máquina, rápida troca de ferramentas estão entre os requisitos para essa etapa. (WOMACK *et. al.*, 2003)

A alternativa *lean* é redefinir o trabalho de funções, departamentos e firmas para que possam fazer uma contribuição positiva na criação de valor e comunicar às reais necessidades dos funcionários a todo o percurso pelo fluxo para que seja do interesse deles fazer o valor fluir. (WOMACK *et. al.*, 2003, p. 24, tradução nossa)

De acordo com Womack *et. al.* (2003), implementado o fluxo contínuo, o primeiro efeito visível é o tempo do processo como um todo (desde a concepção do produto até sua entrega) reduz drasticamente, o que reduz custos de inventário e acelera retornos em investimento. Esse ganho de agilidade também permite ao

consumidor que “puxe” produtos de você, ao invés da empresa empurrar produtos ao cliente.

Ainda na visão do autor, após a implementação de todas estas etapas citadas, o efeito na mentalidade dos envolvidos é que não há fim no processo de redução de esforços, tempo, custos, erros, entre outros, enquanto oferece o produto exato que o cliente deseja, tornando a ideia de busca pela perfeição não tão distante ou fora do comum como antes parecia. Um dos frutos de um sistema *Lean* é a transparência, onde todos os envolvidos – desde subcontratados e fornecedores até consumidores e empregados – têm visão do processo como um todo, tornando fácil a descoberta de novas possibilidades de criação de valor ou redução de *muda*.

2.3 Princípios *Lean Manufacturing*

Sabendo o objetivo e as motivações da filosofia do *Lean Manufacturing*, quais são as principais premissas e fundamentos desse sistema de produção, é necessário conhecer também os princípios dessa produção mais eficiente.

2.3.1 *Just-in-time* e *Kanban*

Para que o *Lean* seja possível é necessário que algumas metodologias e culturas estejam presentes na empresa, como o *Just-in-time* (JIT) que consiste em tornar o sistema produtivo flexível ao ponto de produzir qualquer peça a qualquer hora, ou seja, produzir apenas o material correto na hora correta e da maneira correta, trazendo assim a redução de inventário. Quem irá ditar o comando dessa produção é o chamado *Kanban*, que nada mais é que um sinal para que o processo produtivo inicie.

Na definição de Rewers *et. al.* (2016), o *Kanban* é um método de controle de produção onde ela não é definida através de uma programação, mas sim de eventos que ocorrem durante a produção.

Para Imai (2012), o *Kanban* é uma ferramenta de comunicação no sistema *Just-in-time* sempre que se envolve produção em lotes, e que o termo traduzido do japonês significa “placa de sinal” ou “tabuleta”.

Um *kanban* [...] é anexado a um dado número de partes ou produtos na linha de produção, instruindo a entrega de uma dada quantidade. Quando todas as partes foram utilizadas, o *kanban* retorna à sua

origem, onde torna-se uma ordem para produzir mais. (IMAI, 2012, p. 401, tradução nossa)

Sobre o *Kanban*, Triana (2019) enfatiza que ele deve começar já no fornecimento de matéria-prima, focando em reduzir os custos de inventário a partir da redução da sua quantidade.

De acordo com Slack *et. al* (2002) *apud* Bandeira (2021), para conseguir atender o cliente da maneira mais rápida é necessário que os processos sejam coordenados a trabalharem com essa demanda específica e para que isso ocorra, é necessário que o fluxo de processos seja “puxado” e não “empurrado”.

O conceito de sistema *pull* é que o fluxo de material deve se comportar de tal forma que o posto a seguir “puxa” as peças do posto anterior, com objetivo de minimizar o estoque de produtos entre os processos. Assim, o processo anterior irá apenas produzir o que o próximo processo irá necessitar, sendo iniciado pelo *Kanban*.

Segundo Imai (2012), o sistema de produção *pull* é um dos requerimentos básicos para a produção *Just-in-time*, pois garante que o processo produtivo da etapa anterior produza apenas a quantidade necessária – ou seja, a quantidade que será consumida – para o processo seguinte.

2.3.2 *Single Minute Exchange of Die*

Para Shingo (2002), é preciso produzir somente o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, visando não produzir estoques - *Just-in-time*. Assim, produzindo em pequenos lotes, ou peça a peça, e atendendo uma grande variedade de produtos, Mandelli (2016) mostra que foi desenvolvido o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que permite melhor utilização da capacidade instalada. Ele traz, entre outros benefícios, maior flexibilidade da linha, redução do *lead time* e redução de estoque; através de três etapas: separar *setup* interno do externo, torná-lo externo e melhorar cada operação.

Shingo (1996) afirma também que há oito principais técnicas para tornar mais flexível a ferramenta ou máquina, por meio da redução do tempo de preparação, sendo elas: (1) Separação das Operações de *setup* Internas e Externas; (2) Converter *setup* interno em externo; (3) Padronizar a função e não a forma; (4) Utilizar Grampos Funcionais ou Eliminá-los; (5) Utilizar Dispositivos intermediários; (6) Adotar Operações Paralelas; (7) Eliminar Ajustes; (8) Mecanização. O autor comenta

também, que ter flexibilidade de produção é garantir que os produtos solicitados pelo cliente sejam fabricados com qualidade, a um custo baixo e a um menor tempo.

2.3.3 Fluxo Contínuo e *Heijunka*

Ainda segundo Liker (2005) *apud* Deveras (2019), para tornar possível que o *Just-in-time* ocorra é necessário que as peças sigam sem interrupções ou paradas ao longo do processo produtivo, ou seja, que o material siga em um caminho que agregue valor sem desperdícios de tempo de transferência e sem a formação de estoques intermediários. Para isso, é necessário que haja a melhor combinação entre recursos, desde operadores, máquinas e ferramentas para garantir a padronização.

Neste sentido, o *Heijunka* deve ser utilizado já que ele é o nivelamento da variedade de produtos e seus volumes de produção, com o intuito de garantir que ocorra o *just-in-time*. Essa estratégia auxiliará e facilitará para a existência de baixos estoques, juntamente com uma produção constante em quantidade e tipos de produtos.

Para Rewers (2016), *Heijunka* é uma metodologia de sequenciamento da produção para o balanceamento da produção, aumento da produtividade a partir da flexibilidade e a minimização das diferenças de sobrecarga de operações nos processos. Os autores comentam também que a consequência desse nivelamento é a garantia da disponibilidade dos produtos aos clientes.

2.3.4 Manutenção Produtiva Total (MPT)

Conforme Mandelli (2016), a Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM, de *Total Productive Maintenance*) busca melhorar a produtividade com atos baseados no trabalho em equipe e na colaboração constante entre produção e manutenção, onde busca a eficiência máxima, eliminação das perdas, aumento de vida útil, buscar a meta “quebra zero”, entre outros, baseando-se em oito pilares de sustentação: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhoria específica, educação e treinamento, controle inicial, manutenção da qualidade, áreas administrativas e segurança, higiene e meio ambiente.

Ainda de acordo com o autor, o MPT como procedimento essencial para o *Lean* tem como objetivos integrar setor produtivo e administrativo na manutenção, otimização do equipamento, diluição da responsabilidade de manutenção com o

operador, motivação e capacitação do operador e redução de custos. Ou seja, a manutenção precisa buscar a efetividade da utilização dos equipamentos, a fim de diminuir o tempo de paradas não programadas sempre com o objetivo de manter um fluxo contínuo das peças.

2.3.5 5S e Gestão Visual

Texto Segundo Liker (2005) *apud* Mandelli (2016) o programa 5S busca eliminar desperdícios atrelados a erros, defeitos e acidentes de trabalho, a partir de ações que englobam cinco “sensos”: classificar (*seiri*), organizar (*seiton*), limpar (*seiso*), padronizar (*seiketsu*) e disciplinar (*shitsuke*); através dessas ações, os problemas se tornam muito mais visíveis.

Conforme Rewers *et. al.* (2016), os cinco sentidos são:

- a) *Seiri* (classificar): classificação do que realmente é utilizado na atividade, a fim de eliminar do posto de trabalho os itens que não são necessários para realizar o serviço;
- b) *Seiton* (organizar): arranjar e definir o lugar adequado para cada item na área de trabalho, garantindo que a ferramenta correta para o serviço esteja em um local conveniente e devidamente identificada;
- c) *Seiso* (limpar): deixar à tona o ambiente, posto de trabalho ou máquina, a fim de expor condições anormais e de propensão a falhas e não-conformidades;
- d) *Seiketsu* (padronizar): criação de procedimentos para controle e monitoramento dos três primeiros sentidos, definindo as responsabilidades dos funcionários e criando instruções que suportem essas responsabilidades, garantindo também a repetibilidade dessas ações;
- e) *Shitsuke* (disciplinar): ter autodisciplina, e estar sempre com o foco na melhoria contínua, criando essa cultura e hábito nos funcionários para que as mudanças determinadas nos outros sentidos se mantenham eficazes e sendo realizadas por todos os envolvidos; é uma longa etapa pois as mudanças podem mudar consideravelmente os costumes antigos dos funcionários.

Na visão de Mandelli (2016), por muitas vezes as empresas confundiam os conceitos de produção enxuta e do 5S, atribuindo o conceito desse princípio ao

significado do *Lean* e não ao que realmente é: uma ferramenta que auxilia a tornar visíveis os problemas, e que pode ser usada por parte do processo de controle ou gestão visual de um sistema enxuto (HIRANO, 1995 *apud* LIKER, 2005 *apud* MANDELLI, 2016).

Essa metodologia e a Gestão Visual são uma das mais utilizadas devido à sua simplicidade prática e ainda mais para empresas pequenas:

No contexto de pequenas e médias empresas, uma das práticas mais utilizadas é o Programa 5S, pois é uma atividade que fomenta a melhoria contínua através de práticas simples, que não necessita de grandes investimentos financeiros e é viável para implementação nas PMEs (ROSE *et. al.*, 2011 *apud* DEVERAS, 2019, p. 28).

Para Vasconcelos (2021), a gestão visual tem como fundamento melhorar o desempenho da organização a partir de meios que facilitem a transmissão e compreensão de informações relevantes, como indicadores de produtividade, de qualidade, segurança, etc. Pode ser utilizado os mais distintos meios para trazer ou evidenciar as informações, como quadros, painéis informativos, instruções de trabalho, marcação de espaços, entre outros.

A gestão visual tem como um de seus objetivos formar trabalhadores que são capazes de gerir o próprio local de trabalho, não só garantindo que a comunicação e organização do espaço esteja melhor e mais clara, mas também diminuindo a quantidade de erros e outras formas de desperdícios (RIBEIRO, 2019 *apud* VASCONCELOS, 2021)

2.3.6 Kaizen

De acordo com o *Kaizen Institute* Portugal (2021), *Kaizen* é uma abordagem aos processos de uma organização com o intuito de efetuar mudanças que levem à máxima eficiência e qualidade dos mesmos e de maneira contínua, podendo ser adotada a aspectos além do produtivo, como na vida social e profissional das pessoas na organização. (BALTAZAR, 2021).

Já Vasconcelos (2021), traz a definição da palavra *Kaizen* em japonês, que consiste em mudar para melhor trazendo a ideia de continuidade, de melhoria contínua, e mostrando também que é uma ação para todos os colaboradores e funcionários. Ele pode ser direcionado para ajudar no dia a dia do trabalhador podendo ser realizado para melhorar o seu posto de trabalho, sua operação ou método. É fundamental que haja meios para que os colaboradores possam propor ideias para

melhorar seu trabalho ou resolver problemas. A cultura *Kaizen* é o centro da filosofia *Lean*.

Desta maneira, Mandelli (2019) mostra que o *Kaizen*, ou “melhoria contínua”, trata de mobilizar a força de trabalho para que se mobilizem a fim de buscar a melhoria global da empresa, auxiliando na eliminação dos desperdícios e respondendo melhor às necessidades dos clientes.

Ortiz (2016) *apud* Mandelli (2019), afirma também a importância do envolvimento de todas as pessoas da organização para a busca de melhorias e meios para a eliminação de desperdícios sempre com o foco em atender as necessidades do mercado.

2.3.7 *Gemba* e *Gembutsu*

Gemba em seu significado original japonês significa “lugar real”, onde ocorre a ação real. Em seu sentido mais simples significa o local onde os produtos e serviços são formados. Em um sentido mais amplo, refere-se à situação de três principais atividades em uma empresa: desenvolvimento, produção e vendas, pois sem elas uma empresa não pode existir (IMAI, 2012).

Ao tratarmos sobre o *Gemba* é de suma importância também tratarmos o *Gembutsu*:

Gembutsu em japonês significa “algo físico ou tangível”. No contexto do *gemba*, a palavra pode se referir a uma máquina quebrada, um rejeito, uma ferramenta que foi destruída, mercadorias devolvidas ou mesmo uma reclamação do cliente. Em caso de problema ou anormalidade, os gerentes devem ir para o *gemba* e verificar o *gembutsu*. (IMAI, 2012, p. 28-29, tradução nossa)

Pode-se concluir então, que o *Kaizen* está conectado diretamente ao *Gemba* e ao *Gembutsu*, pois é por meio destes que será possível a identificação da oportunidade para a melhoria.

3 METODOLOGIA

A abordagem desta pesquisa é quanti-qualitativa, pois tratou da implementação do sistema *Lean Manufacturing* em uma indústria de vidros temperados, mensurando dados do estado anterior e após a implementação, comparando-os e interpretando-os, sempre indo ao *Gemba* (local real), com o *Gembutsu* (objeto real). De acordo com Polit *et. al.* (2004) *apud* Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa quantitativa enfatiza o raciocínio dedutivo, regras lógicas e atributos mensuráveis, enquanto a qualitativa foca em aspectos que buscam aprender a totalidade no contexto de quem vivencia os fenômenos.

A pesquisa quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. Por outro lado, a pesquisa qualitativa tende a salientar os aspectos dinâmicos, holísticos e individuais da experiência humana, para apreender a totalidade no contexto daqueles que estão vivenciando o fenômeno. (POLIT *et. al.*, 2004 *apud* GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p. 33)

Quanto ao objetivo da pesquisa, classificou-se como explicativa, pois foi feita aplicação do sistema de produção *Lean* com coleta e análise de dados de diferentes momentos desta implementação, visando o aumento da participação do mercado, a diminuição do índice de não-conformidades e o aumento do volume de produção. De acordo com Gil (2007) *apud* Gerhardt e Silveira (2009, p. 35), "este tipo de pesquisa preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos", e de acordo com Gerhardt e Silveira (2009, p. 35), "este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos".

O método utilizado é o pesquisa-ação, pois de acordo com Fonseca (2002) *apud* Gerhardt e Silveira (2009, p. 40), "a pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada", essencial para a implementação do sistema.

Quanto ao instrumento de coleta de dados, utilizou-se o sistema interno de ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa, juntamente com a observação em campo.

4 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING NUMA EMPRESA DO SETOR DE VIDROS

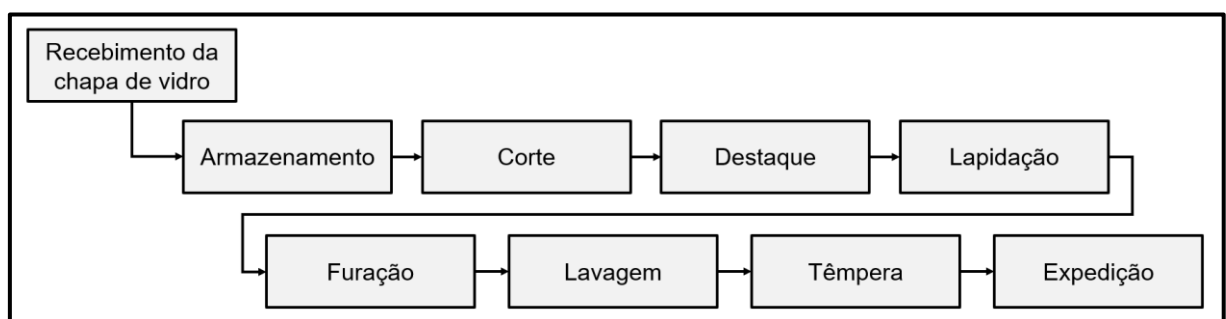
Nesse capítulo serão detalhados os principais processos da empresa, assim como os diagnósticos iniciais de cada área e os pontos-chave identificados para a implementação do *Lean Manufacturing*. O modelo de implementação de melhorias será detalhado nesta seção, discriminando quais setores e a quais princípios Lean as ações se referem.

Também será detalhado o desenvolvimento da implementação, como serão escolhidos e aplicados cada um dos fundamentos de *Lean Manufacturing* nos diversos setores da empresa, assim como as justificativas para cada uma das propostas. Ao final, os resultados das implementações serão analisados e discutidos, trazendo à discussão como o trabalho poderá ser continuado a partir dos dados coletados e progresso alcançado.

4.1 Detalhamento da Empresa

A companhia a ser abordada é uma indústria de têmpera e comércio de vidros, fundada em 2009 no norte do Paraná, conta atualmente com 90 funcionários, que trabalham de segunda a sábado em turno comercial, atendendo as regiões do norte e litoral do Paraná, e todo o litoral de Santa Catarina. É uma indústria que, ao receber as chapas de vidro, realiza processos de corte, destaque, lapidação, furação, lavagem e têmpera dos vidros para, somente então, serem expedidos ao cliente final, fluxo este que pode ser observado na Figura 2:

Figura 2: Fluxograma geral dos processos produtivos



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Diagnóstico Inicial

Para o diagnóstico inicial, observou-se que a cadeia de produção do vidro temperado para esta empresa era composta por uma série de etapas que são interligadas e dependentes. A produção se inicia no setor de recebimento a matéria-prima é retirada do caminhão do fornecedor e então armazenada no estoque. Toda matéria-prima é recebida em formato de chapa de vidro comum, variando sua espessura e dimensões. Conforme a necessidade e prazo de entrega, é levada a chapa ao setor do corte automático, onde o vidro é riscado no formato e tamanho desejado pelo cliente.

Realizado todos os riscos na chapa, a próxima etapa é o destaque que consiste na separação das peças por meio da propagação do risco de corte, podendo ser realizado manualmente, com auxílio de ferramentas ou da própria mesa de destaque. Há três classificações de peças: que contêm furos, que necessitam ser recortadas e peças sem nenhum tipo de furo ou recorte (fixa). Em sequência, as peças seguem para carinhos onde após estarem cheios vão para o setor de lapidação onde são desbastadas as bordas a fim de torná-las não cortantes.

Com a lapidação encerrada, as peças seguem para o setor de furação e caso haja necessidade, se no seu projeto conter algum furo ou recorte, em furadeiras são processadas (furadas/recortadas). Já se não houver e após a furação, as peças passam por lavadoras que lavam e secam e são encaminhadas para o estoque do tratamento térmico.

No tratamento térmico, o vidro entra em um forno que eleva a sua temperatura a 650°C e logo em seguida é rapidamente resfriado ocorrendo um choque térmico. Esse processo transforma o vidro comum em vidro temperado que é até cinco vezes mais resistente a choques térmicos que o comum, assim podendo ser considerado vidro de segurança. Por fim, as peças são armazenadas em cavaletes ou carrinhos na expedição até serem carregadas em caminhões e entregues aos clientes.

4.2.1 Definição de Valor

O primeiro passo para a implementação do *Lean* é identificar o que seria valor para o cliente, ou seja, o que ele espera e está disposto a receber com produto final. Para essa indústria de vidros temperados, com base em sua rede de clientes e mais de 10 anos de experiência no ramo, foi apontado que o valor para esse produto está

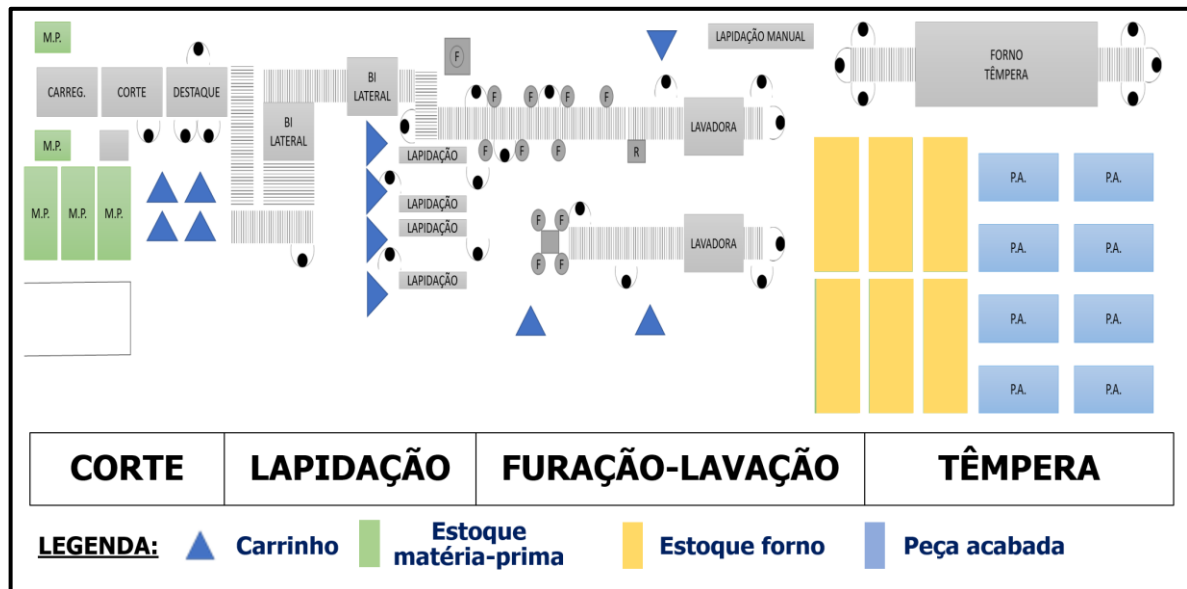
relacionado com o preço a ser pago por ele, o tempo de entrega do produto final e a qualidade do vidro (sem riscos, manchas e trincos).

4.2.2 Identificação de Fluxo de Valor

Com o valor já prescrito pelo cliente, é necessário mapear quais processos agregam realmente valor ao produto. Os processos serão classificados em que acrescentam valor e são essenciais, os que não criam valor, mas são essenciais, e os que não agregam valor ao produto e também não são essenciais.

Foi identificado que os processos que agregam valor e são essenciais é riscar a chapa de vidro, destacar as peças que estão na chapa, lapidar os lados da peça, caso haja necessidade furar a peça, lavar e temperar (passar pelo forno de têmpera). As peças após o destaque são colocadas em carrinhos, estes são levados ao setor de lapidação, esse transporte é um processo que não agrega valor, mas é necessário. Outro transporte se encontra após a lapidação, da linha vertical, aonde as peças vão para um carrinho para serem levadas até a furação na linha 2 conforme Figura 3:

Figura 3: Mapeamento geral dos processos produtivos



Fonte: Autoria própria (2022)

Com estas informações, conclui-se que os principais pontos a serem analisados são os locais que possuem carrinhos, sinalizados na Figura 3.1

4.2.3 Identificação de Interrupções no Fluxo

Outro fator importante para que o *Lean* seja disseminado e implementado é detectar interrupções no fluxo, ou seja, pontos onde o fluxo não é contínuo ou que o sentido do fluxo seja contrário. Esses lugares foram identificados em todos os setores da fábrica como ilustrado no Quadro 1:

Quadro 2: interrupções de fluxo identificadas por etapa produtiva

Etapa produtiva	Descrição
Destaque	Após o processo de destaque, o fluxo é interrompido pois as peças ficam paradas, aguardando em carrinhos para seguir à etapa de lapidação
Furação	Todas as peças precisam passar fisicamente pelo setor de furação, por ser o único caminho segundo o fluxo. Caso haja uma peça no carrinho que não tenha necessidade de furação, o fluxo desta é interrompida até que a peça em processo seja furada
Furação (recorte)	Todas as peças precisam passar fisicamente pelo setor de furação, por ser o único caminho segundo o fluxo. Caso haja uma peça no carrinho que não tenha necessidade de recorte, o fluxo desta é interrompida até que a peça em processo seja recortada
Lapidação vertical	As peças que chegam do processo de destaque acumulam, gerando estoque intermediário
Lapidação vertical	As peças que serão direcionadas ao processo de lavação vertical ficam paradas, aguardando em carrinhos para seguirem à esta etapa
Lapidação vertical	Diversas paradas de máquina e equipamentos por manutenções não-planejadas frequentes
Forno	Fluxo interrompido gerado, pois, as peças, já lavadas, param no estoque do forno antes de efetivamente passarem por ele
Forno	Após o tratamento no forno, as peças ficam paradas, aguardando em carrinhos antes de serem encaminhadas à expedição

Fonte: Autoria própria (2022)

Percebeu-se que as causas de interrupção de fluxo não se limitam a, mas estão majoritariamente relacionadas a processos que não agregam valor e são, por vezes, desnecessários.³

4.3 Descrição do Modelo de Implementação

Visto que em todos os setores há interrupções no fluxo de produção e processos que não agregam valor e sem necessidade, estruturou-se um planejamento de ações para a implementação do *Lean Manufacturing*, considerando uma previsibilidade futura de melhorias, como ilustra o Quadro 2: 4

Quadro 5: Mapeamento de pontos de atenção baseado nos princípios *Lean*

Setor	Princípio <i>Lean</i>	Ação para adequação ao princípio
Corte	Fluxo contínuo	Eliminação de estoques intermediários
	<i>Just-in-time</i>	Cortar somente o necessário, na quantidade necessária
	<i>Kanban</i>	Sinalização para o processo (início, parada)
	<i>Heijunka</i>	Balanceamento das sequências de corte
	Manutenção Preventiva Total (MPT)	Garantir que não hajam paradas não planejadas
Lapidação	Fluxo contínuo	Eliminação de estoques intermediários
	<i>Just-in-time</i>	Lapidar somente o necessário, na quantidade necessária
	<i>Kanban</i>	Sinalização para o processo (início, parada)
	MPT	Garantir que não hajam paradas não planejadas
	5S	Diminuição de desperdícios e organização
Furação	<i>Kaizen</i>	Eliminação de interrupções durante o fluxo de produção

Fonte: Autoria própria (2022)

Estes princípios *Lean* serão aplicados nos pontos listados com a finalidade de garantir o fluxo estável do processo produtivo.

4.4 Desenvolvimento da Implementação

Com o diagnóstico inicial realizado e detalhados os princípios *Lean*, foram estabelecidas as datas para o início, janeiro de 2021, e fim, janeiro de 2023, da implementação. Este trabalho utilizou os dados até setembro de 2022, ou seja, houve a implementação com obtenção de resultados parciais.

As ações efetuadas, seguiram uma sequência lógica com base nos fundamentos do *Lean* e das características da cadeia produtiva da empresa. Assim, os subtópicos abaixo apresentam, em ordem cronológica, o que foi realizado, como, e quais foram os motivos que resultaram na utilização desses princípios em cada área modificada.

4.4.1 Manutenção Produtiva Total

Ao analisar o sistema produtivo, primeiro focou-se em garantir que os equipamentos estivessem sempre disponíveis, para tal, a Manutenção Produtiva Total (MPT) foi fundamental para isso. Dentro desse princípio, buscou-se também a efetividade da utilização dos equipamentos, ou seja, que estes conseguiram funcionar em seu estado pleno.

Dessa forma, a fim de diminuir as paradas de máquinas não planejadas foi desenvolvido um sistema. A sistemática consiste em levantar dados da máquina diariamente ou semanalmente, por meio de uma Lista de Verificação de Equipamento (LVE), e uma vez por semana analisá-los em uma reunião da MPT com o intuito de planejar ações imediatas de manutenção antes que ocorra uma parada não programada.

Na LVE, Figura 4, encontra-se pontos-chaves do equipamento que precisam estar funcionando adequadamente para que ela opere normalmente. Há também a frequência de verificação para cada item, juntamente com a data. Após cada verificação, é preenchido pelo colaborador responsável por operar a máquina se está conforme ou não conforme cada item.

Figura 4: Formulário “Lista de Verificação de Equipamento” (LVE)

LISTA DE VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTO		EQUIPAMENTO:	
		COLABORADOR:	TURNO:
		MÊS:	
ITENS DE VERIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	FREQ.	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
1	Vazamento de óleo. Não pode haver pontos de vazamento.	DIÁRIO	
2	Vazamento de água. Não pode haver pontos de vazamento.	DIÁRIO	
3	Bomba de óleo. Deve estar funcionando em conjunto com o temporizador.	DIÁRIO	
4	Nível de óleo do reservatório. Deve estar ligeiramente abaixo do nível máximo.	DIÁRIO	
5	Correias dos cavaletes de entrada e saída de vidro. Isenta de cortes profundos, sulcos, folgas ou	DIÁRIO	
6	Sapatas de fixação do vidro. Isenta de folgas, deformações ou desgaste anormal.	DIÁRIO	
7	Roletes do suporte do vidro. Deve girar livremente.	DIÁRIO	
8	Rebolos de lapidação do vidro. Devem mover-se livremente e isentos de vibração e	DIÁRIO	
9	Bicos de injeção de água. Deve fluir livremente.	DIÁRIO	
10	Coifas dos motores elétricos. Isenta de cortes, deformações ou fragmentos de vidro.	DIÁRIO	
11	Eixos dos motores elétricos. Devem mover-se livremente e isentos de desgaste anormal.	DIÁRIO	
12	Polias de regulagem dos rebolos. Devem mover-se livremente e isentas de desgaste anormal.	DIÁRIO	
13	Aspecto geral do equipamento. Deve estar limpo antes e ao fim do turno de trabalho.	DIÁRIO	
14	Superfícies do equipamento sujeitas à oxidação. Devem estar lubrificadas com óleo protetivo.	SEMANAL	
LEGENDA		COLAB.	
○ = Conforme X = Não conforme		RESP.	
AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO PELA MANUTENÇÃO:		GERÊNCIA	
LVE - 31 LAPIDADORA VERTICAL		REV 01	

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a analisar os dados da LVE, semanalmente ocorre uma reunião onde são discutidos máquina a máquina e item a item, se é necessário fazer alguma ação preventiva no equipamento ou não, sempre com o objetivo de garantir a sua disponibilidade.

4.4.2 Sistema Puxado

Garantido que não haverá interrupções no processo por conta de paradas não programadas de equipamentos, o próximo passo é reduzir ou eliminar os estoques entre processos. Para isso é necessária uma mudança cultural de como os processos são iniciados e como eles são conduzidos.

A mudança consiste em fazer que o fluxo de produção seja “puxado” e não mais “empurrado”. Ou seja, o processo a seguir “puxa” as peças do processo anterior, desta maneira será produzido exatamente a o necessário. Mas para isso acontecer, necessita-se de um sinal para o início do processo, um *Kanban*. O sinal que inicia toda a cadeia produtiva é o pedido do cliente, ele começa a puxar os processos, do último até o primeiro.

Cada processo tem um *Kanban* diferente, já que o processo anterior é sempre diferente. Para essa indústria, temos que o sinal para o corte produzir é a lapidação bilateral e vertical estarem sem vidro para lapidar. Para as duas lapidações e para a furação, o *Kanban* que sinaliza quando deve-se processar e a chegada das peças do corte e das lapidações respectivamente. Assim, essa nova forma dos processos produzirem fazem que os estoques intermediários naturalmente sejam minimizados ou acabados.

4.4.3 *Just-in-time* e *Heijunka*

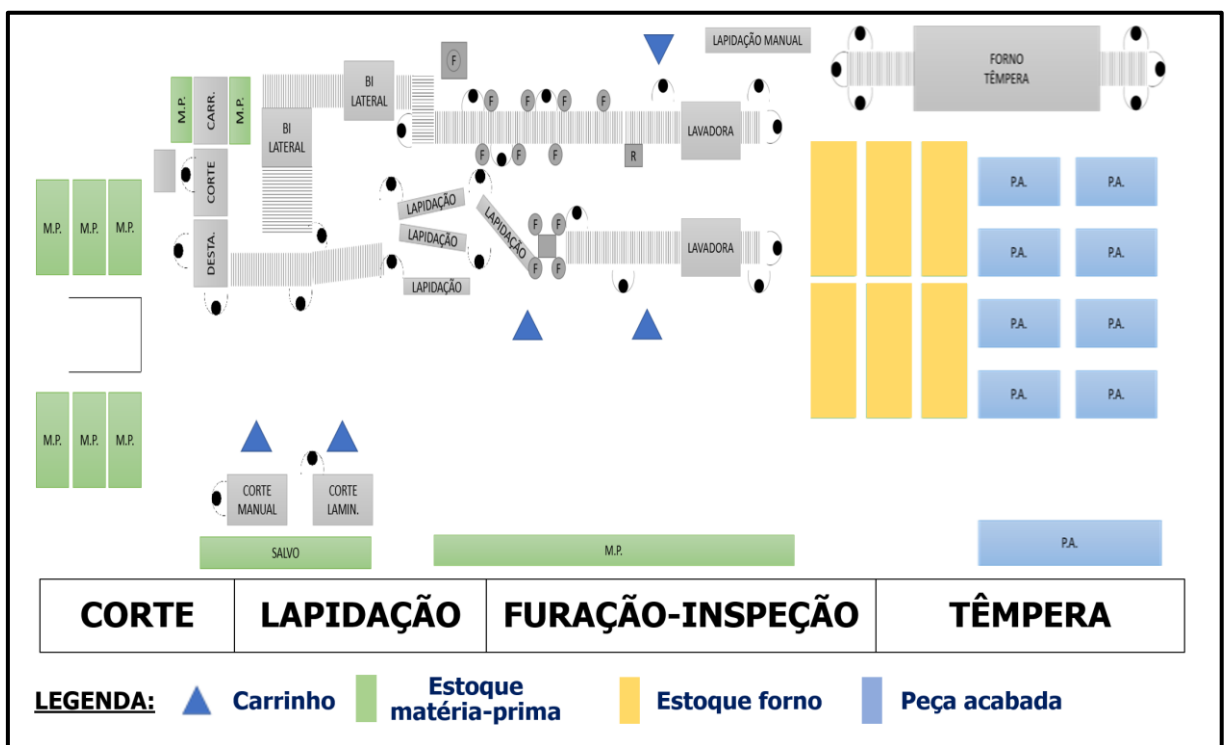
O *Just-in-time* utiliza o sistema puxado, já que é a partir dessa metodologia que é possível fazer somente o necessário e na quantidade necessária. Porém para que isso ocorra, para que seja possível atender o pedido do cliente e para garantir produtividade, é necessário saber o que produzir e qual será a sequência de peças. Para isso utilizou-se o *Heijunka*, que utiliza a variedade de peças para sequenciar a produção assim garantindo a não criação de estoques intermediários.

O setor que iniciará esse balanceamento é o corte, ele ditará o ritmo e qual será o mix de produção. Observou-se que o mix de produção ideal, consiste em cortar

duas chapas contendo peças consideradas “grandes”, e após cortar uma chapa com peças “menores”. A partir dessas mudanças já realizadas, os carrinhos que eram utilizados para armazenar as peças após o destaque para então seguirem para a lapidação, não estão sendo utilizados, pois o corte está apenas processando os vidros quando a lapidação necessita.

Então, os carrinhos que se encontravam no setor do corte e na entrada da lapidação vertical foram retirados, garantindo um fluxo contínuo e conseqüentemente acarretando uma diminuição de fila das peças. Com o layout atual, o setor de corte e lapidação estavam distantes, fazendo com que tivesse muito transporte de peças e locomoção de colaboradores. Pensando nisso, foi alterada a posição das máquinas do setor de corte, visando aproximar os dois setores. Foi realizada uma outra mudança nas quatro lapidadoras verticais, fazendo com que elas fiquem “em linha”, posicionando-se na direção do fluxo de produção, conforme ilustra a Figura 5:

Figura 5: Novo fluxo de processo produtivo



Fonte: Autoria própria (2022)

Comparado à Figura 3, percebe-se que o novo layout atende às necessidades de melhorias previamente levantadas, reduzindo os tempos de transporte de peças e locomoção, e melhorando o fluxo de produção em geral.

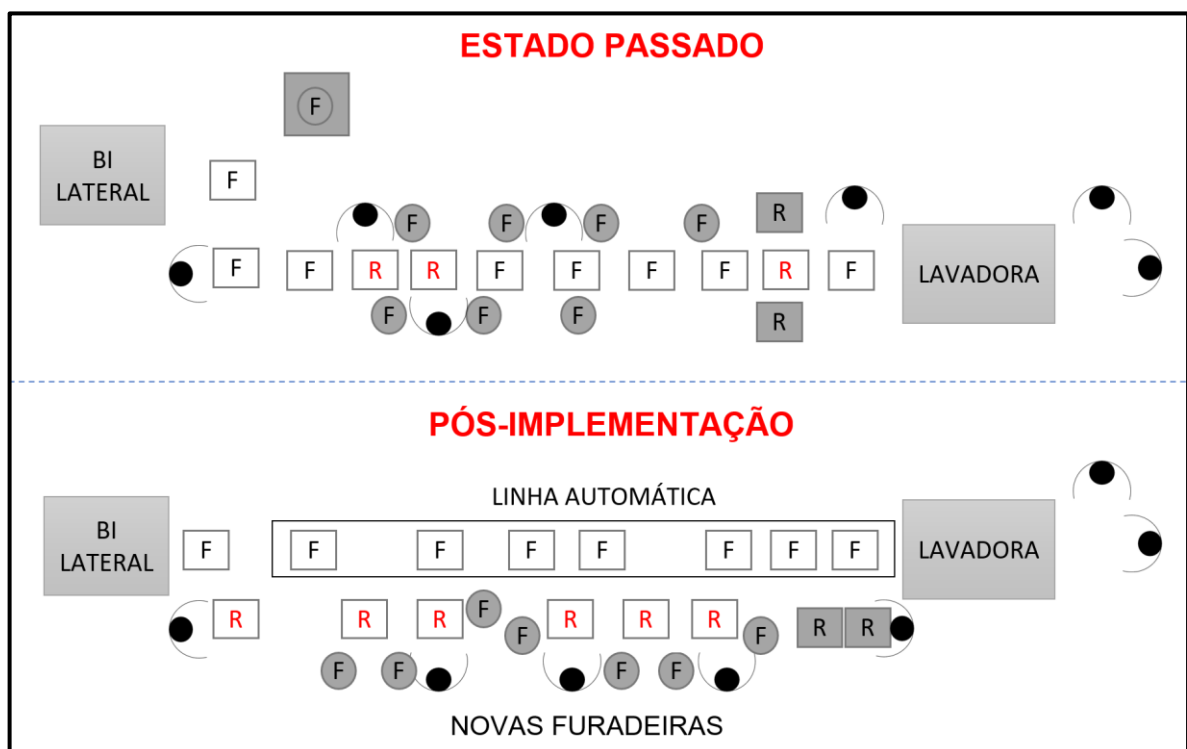
4.4.4 Kaizen

Com o sistema de produção definido, com a mudança de cultura de como e em qual momento se produzir, é fundamental sempre buscar melhorias, *Kaizen*. Assim, buscou-se analisar em quais pontos da linha produtiva que em momentos pode fazer que haja descontinuidade, interrupções ou um fluxo contrário do estabelecido de produção.

No setor de furação, mesmo utilizando o *Heijunka*, ao longo do dia ocorre a chegada de peças que necessitam de furação ou recorte, acarretando na formação de fila interrompendo o fluxo contínuo. Dessa maneira, aplicou-se um *Kaizen* com o intuito de dar ao processo capacidade para absorver essa eventual fila.

Antes da intervenção havia apenas uma linha de produção, um único caminho para todas as peças. Já com o *Kaizen* foi adicionado uma linha automática que transporta as peças sem a necessidade de colaboradores. E também, criou-se ilhas de furação e recorte para peças que necessitam desses processos. Assim, esses tipos de peças ao saírem da Lapidação Bilateral entram nas ilhas onde são furadas/recortadas e após o processamento voltam para a linha automática. Em contrapartida, as peças que não precisam apenas continuam na linha automática sem em filas de espera, como ilustra a Figura 6.

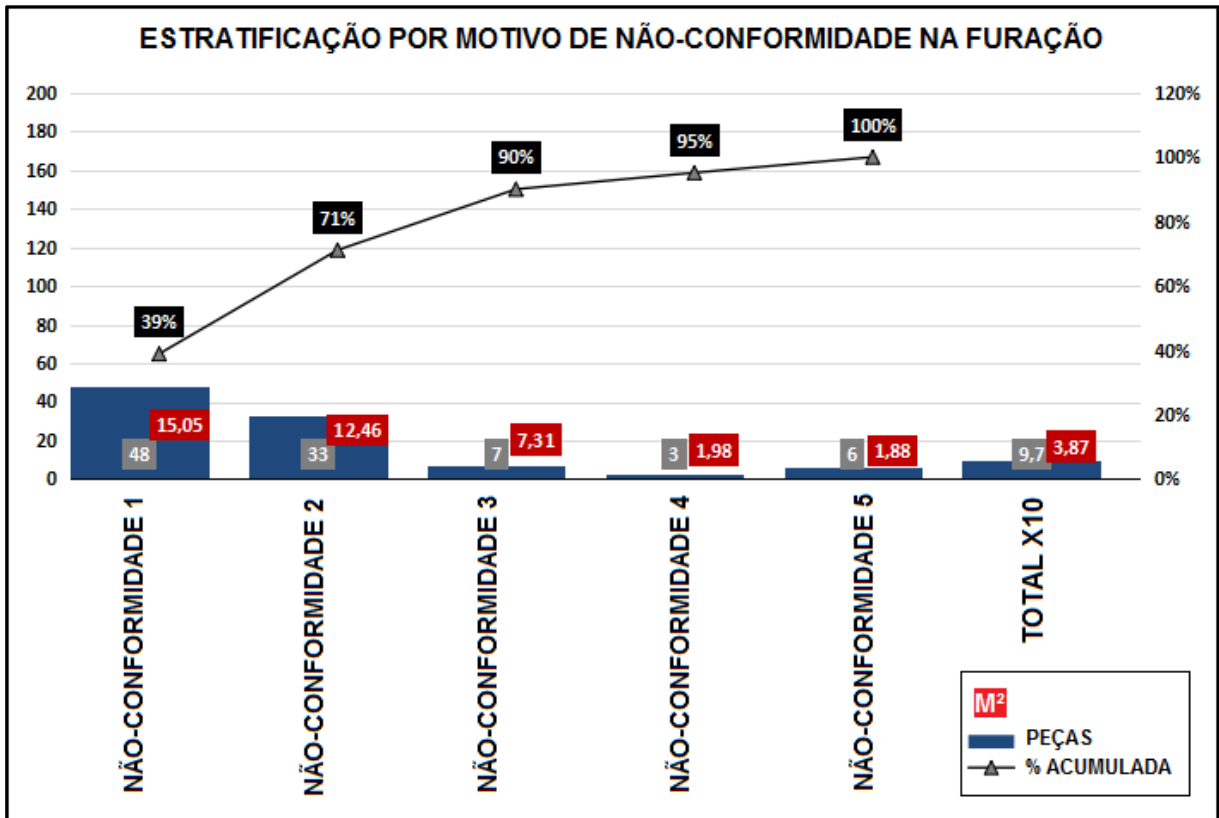
Figura 6: fluxograma do processo de furação anteriormente e após implementações



Fonte: Autoria própria (2022)

Ainda no setor de furação, notou-se que seria possível realizar mais um *kaizen*, mas agora tratando as peças com não-conformidades. No Gráfico 1, a não-conformidade 1 apresenta a maior porcentagem em relação ao total de problemas encontrado nesse setor.

Gráfico 1: Estratificação por motivo de não-conformidade na furação – Resultados de 2020



Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme ilustrado no Quadro 3, identificamos o *gemba*, local real, como o processo de furação é realizado e as características da peça defeituosa, *gembutsu*.

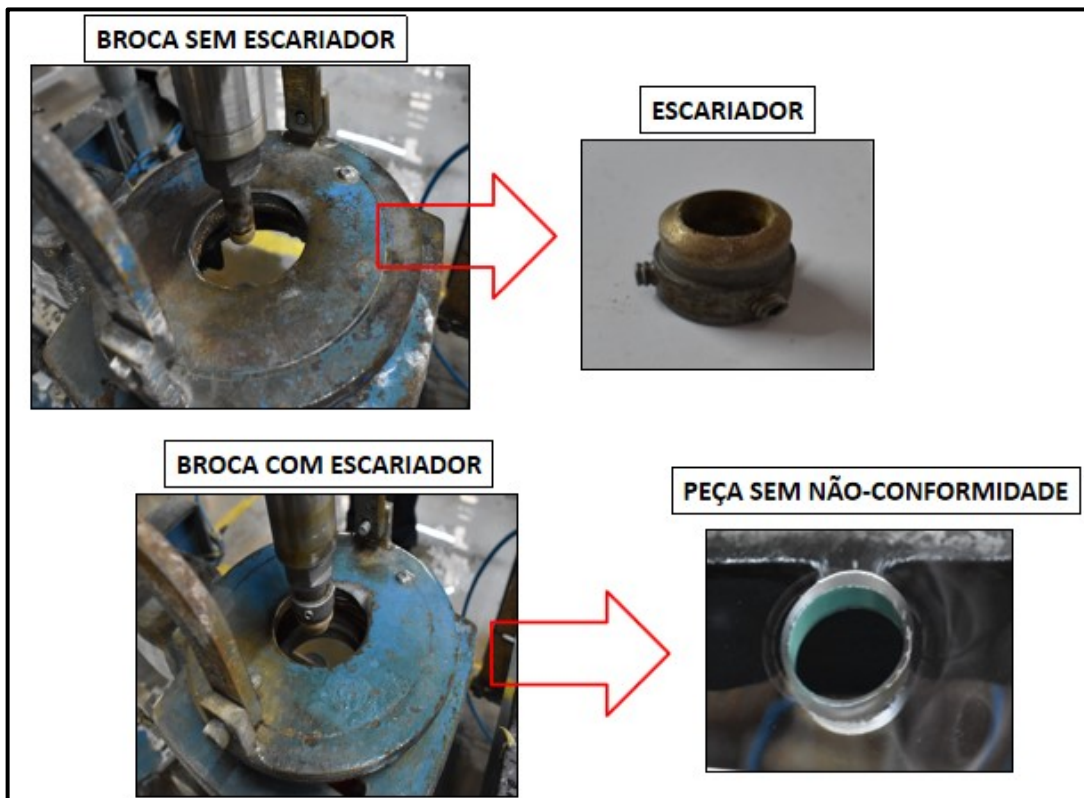
Quadro 6: Gemba e gembutsu, não-conformidade 1



Fonte: Autoria própria (2022)

A mudança realizada foi a acrescentar um escariador junto com a broca, ele é responsável de dar acabamento ao furo e após o estudo, também reduzir o tamanho e a quantidade da não-conformidade 1, como é possível visualizar no Quadro 4.

Quadro 7: Melhorias para correção da não-conformidade 1



Fonte: Autoria própria (2022)

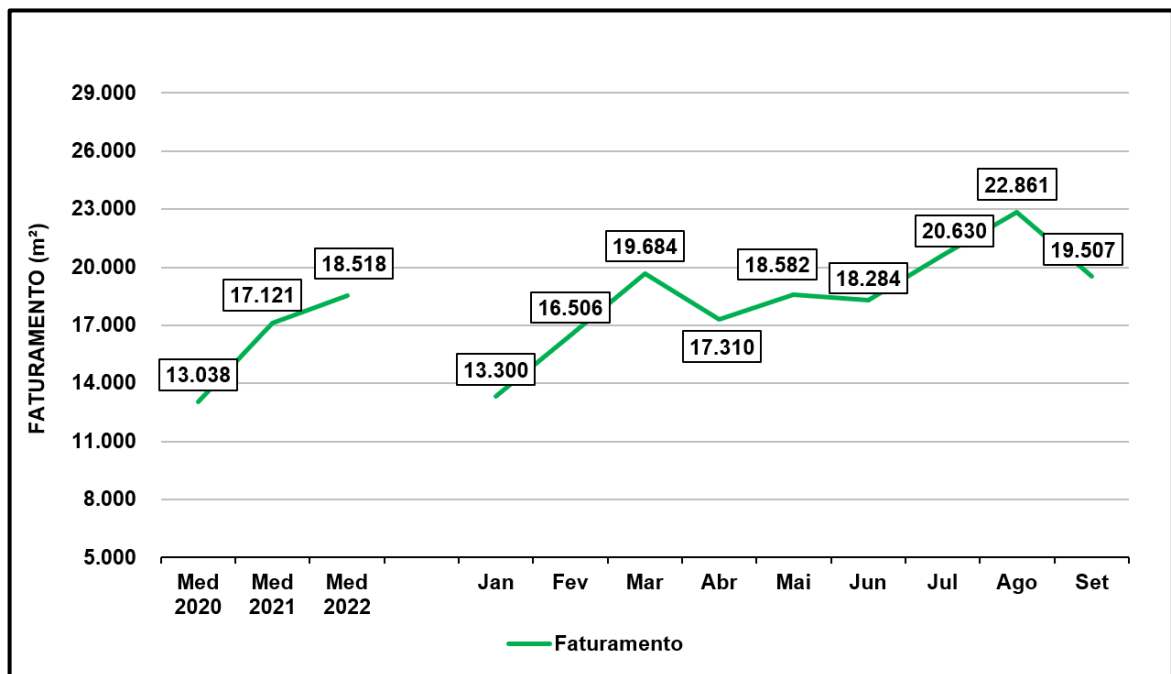
Neste *Kaizen*, optou-se por um aumento no custo produtivo, devido ao aumento de um novo item consumível em processo, porém também se concluiu que há um ganho muito maior devido à redução da não-conformidade 1 dado que isso reduz o retrabalho e aumenta a qualidade da peça.

No próximo tópico serão apresentados os resultados obtidos e discutidos em relação às implementações e melhorias realizadas, a fim de tornar visual as melhorias de fluxo e de qualidade executadas através dos princípios e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Após a implementação das mudanças sugeridas, e não havendo mudanças no regime de trabalho da empresa antes e depois das implementações, através dos resultados percebeu-se que elas estão sendo eficazes. O fluxo do processo produtivo sofreu melhorias consideráveis através das ações de balanceamento e redução de estoques intermediários e as quebras diminuíram através das medidas preventivas de manutenção. Os resultados podem ser acompanhados através de diferentes métricas, como *lead time* produtivo, taxas de conversão de matéria prima e faturamento.

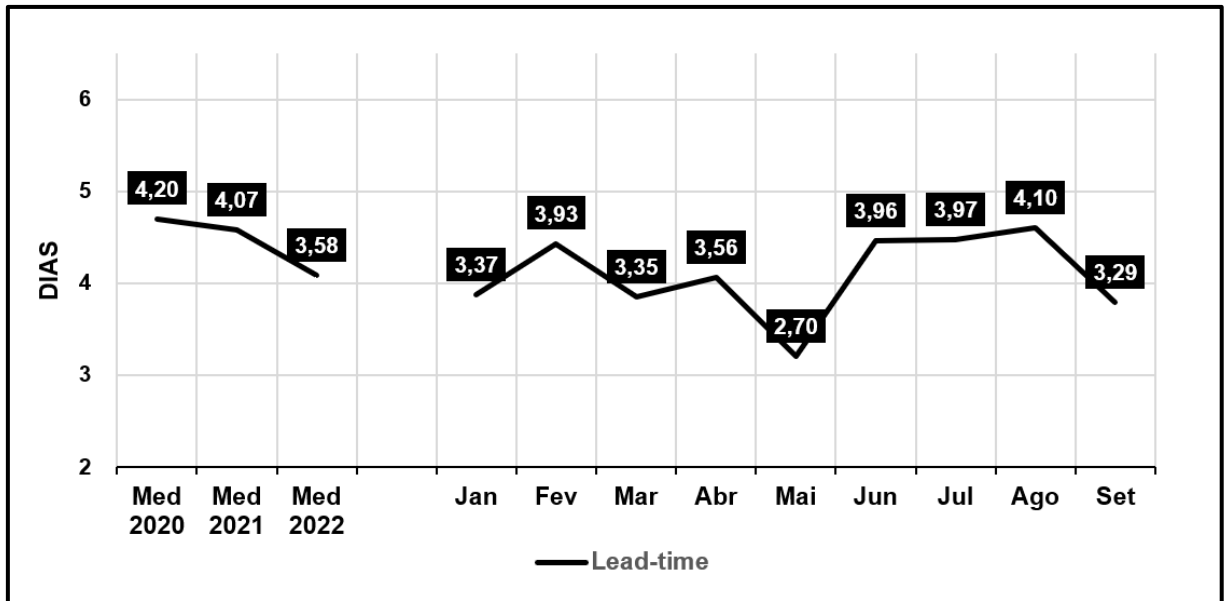
Gráfico 2: Acompanhamento mensal de faturamento (em metros quadrados) de 2022



Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando o Gráfico 2 (com valores apresentados utilizando um fator de multiplicação), um dos principais indicadores de uma empresa, o faturamento, pode-se perceber que houve um aumento de 42% de 2020 – ano anterior às mudanças – para 2022. O *lead time* produtivo, um dos fatores que impactam o faturamento, também sofreu mudanças, conforme observa-se no Gráfico 3.

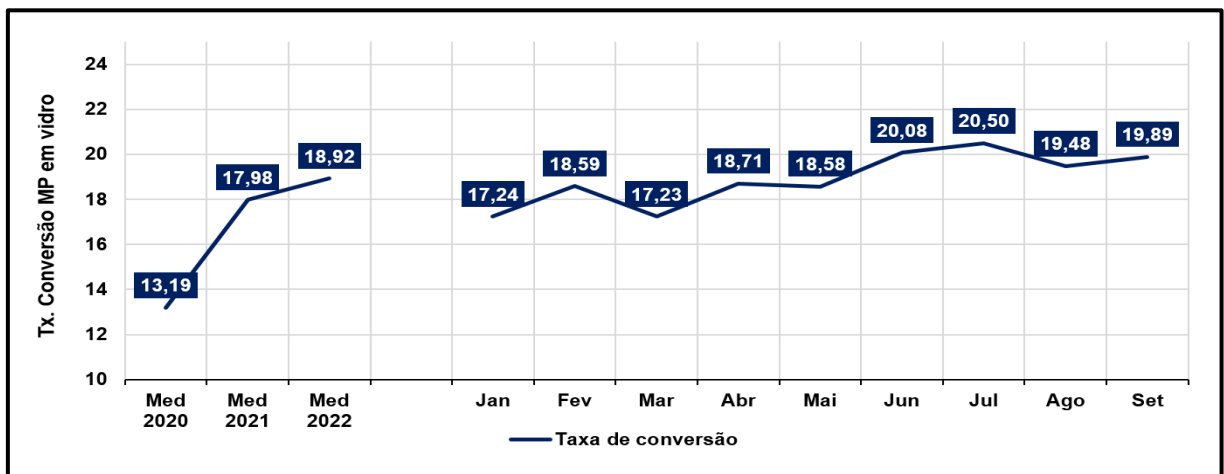
Gráfico 3: Acompanhamento mensal de *lead time* de produção (em dias) de 2022



Fonte: Autoria própria (2022)

O Gráfico 3 que, em relação a 2020, o *lead time* de produção sofreu uma redução média de quase 1 dia, totalizando uma melhora de aproximadamente 17% em relação ao período anterior. As melhorias de fluxo produtivo e redução de paradas de máquina surtem efeito direto neste indicador pois dá capacidade à fábrica de produzir mais em menos tempo. Este efeito no *lead time* dá-se, também, por uma melhoria na taxa de conversão da matéria-prima em vidro por homem por hora, conforme o Gráfico 4.

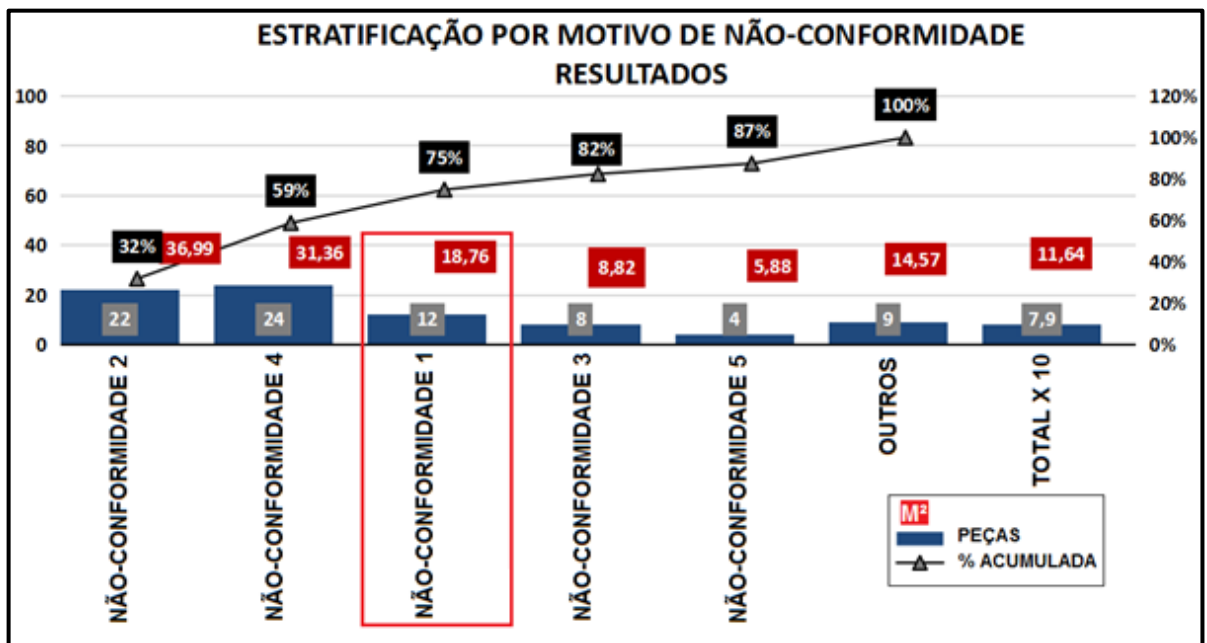
Gráfico 4: Acompanhamento de taxa de conversão de matéria-prima em vidro acabado por homem por hora de 2022



Fonte: Autoria própria (2022)

Ao analisar o Gráfico 4 constatou-se uma melhoria drástica na taxa de conversão da matéria prima em vidro por homem por hora, pois este indicador sofreu um aumento de aproximadamente 43% de aumento em relação a 2020. Esse aumento expressivo está fortemente ligado às melhorias de fluxo na lapidação – etapa onde todas as peças precisam passar – permitindo que fossem convertidas mais peças em um mesmo período de tempo, justificando também os outros dois indicadores abordados.

Gráfico 5: Estratificação por motivo de não-conformidade no setor de furação – Resultados de 2021



Quanto aos resultados do *kaizen* realizado no setor de furação, que buscava a redução da “não-conformidade 1”, comparando os resultados dos últimos dois anos completos, vemos uma redução do número de ocorrências: em 2020 houve 48 ocorrências, conforme Gráfico 1, e em 2021 este número caiu para 12, conforme Gráfico 5, configurando uma redução de 75%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo inicial desta pesquisa, que era mudar o antigo sistema de produção de uma indústria de vidros temperados para o *Lean Manufacturing*, concluiu-se que, foi atingido com sucesso, possibilitando evidenciar a eficiência dessa metodologia dentro do sistema de produção.

No desenvolvimento e aplicabilidade da metodologia observou-se uma grande quantidade de pontos a serem explorados em toda a empresa, desde o recebimento da matéria-prima até o envio das peças ao cliente. O sistema de produção *Lean* consegue fazer que seja aproveitamento melhor os recursos já presentes na organização, desenvolvendo também seus colaboradores, ou seja, melhorando também seu dia-a-dia por meio de reduções de movimentações, transporte entre outros.

Essas melhorias são perceptíveis nos resultados dos indicadores, com 42% de aumento no faturamento de metro quadrado de vidro, 17% de redução no *lead time* produtivo, 43% de melhoria na taxa de conversão de matéria-prima em vidro acabado e redução de 75% de ocorrência de um dos maiores defeitos atualmente no processo.

Portanto, as aplicações realizadas foram eficazes e efetivas, e em todos os casos as pessoas envolvidas no processo foram importantes para a obtenção dos resultados e da mudança cultural de como se produzir e pensar.

Para dar continuidade, ou para projetos futuros, possibilita-se focalizar em setores poucos explorados nesta pesquisa, tais como: recebimento, tratamento térmico, expedição e toda a parte administrativa e de vendas, utilizando a mesma cultura de agregação de valores e sempre observando pela perspectiva do cliente, seria possível mais ganhos em produtividade, volume, tempo de entrega e preço, assim tornando a empresa cada vez mais competitiva e se desprendendo da concorrência.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ana Luísa. **Metodologia lean manufacturing no processo produtivo de capas para assentos de automóvel**. 2015. 59 p. Relatório de estágio (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2015. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/15287/1/Metodologia%20Lean%20Manufacturing%20no%20processo%20produtivo%20de%20capas.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.
- BALTAZAR, João Tomás Bento. **Análise da aplicabilidade das metodologias Kaizen ao processo de distribuição da alimentação**: um estudo de caso. Orientador: Dr. Armindo Dias da Silva Frias. 2021. 161 p. Tese (Mestrado em Ciências Militares Navais) - Escola Naval, Alfeite, 2021.
- BANDEIRA, Caio César Pereira. **Aplicação de conceitos do Lean Manufacturing em uma linha de produção de uma indústria química**. Orientador: Prof. Msc. Silvio Romero Adjar Marques. 2021. 90 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Produção) - Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/3426/1/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20conceitos%20do%20lean%20manufacturing%20em%20uma%20linha%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20ind%C3%A9stria%20qu%C3%ADmica.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.
- BONATO, Samuel; ARAÚJO, Francisco; BASTOS, Alisson; QUADROS, Luiz. Aplicação de ferramentas Lean: um estudo de caso na indústria metalúrgica. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVI., 2019, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: [s. n.], 2019. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=887&cad=12876&opcao=com_id. Acesso em: 21 maio 2022.
- DEVERAS, Andressa. **Proposta de implementação do Lean Manufacturing em indústrias de pequeno porte**. 2019. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4051/1/PB_PPGEPS_M_Deveras%20c%20Andressa%20Mayara_2019.pdf. Acesso em: 21 maio 2022.

GALHARDI, António César. DE OLIVEIRA SOUZA, Rosangela. **Otimização de processos produtivos com Lean Manufacturing**. 2021. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=16&art=524&cad=39028&opcao=com_id 30 de maio de 2022.

GERHARDT, Tatiana e SILVEIRA, Denise Tolfo (org). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em 29/11/2021.

GODOY, Leoni; STEFANO, Nara; BUENO, Wagner; GODOY, Tais; WEGNER, Roger. O impacto do lean manufacturing como fator de melhoria no desempenho produtivo. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 13, nº 2, abr-jun/2018, p. 69-88. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1844>. Acesso em: 21 maio 2022.

HOPP, Wallace; SPEARMAN, Mark. To Pull or Not to Pull: What Is the Question?. **Manufacturing & Service Operations Management**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 133-148, primavera 2004. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/msom.1030.0028>. Acesso em: 18 jun. 2022.

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: A commonsense approach to a continuous improvement strategy**. 2. ed. [S. l.]: McGraw-Hill Education, 2012. 426 p. ISBN 978-0-07-179036-9. *E-book* (426 p.).

JUNIOR, Alvaro Luiz; SILUK, Julio Cezar; NARA, Elpidio. Estudo de um fluxo interno de materiais baseado na filosofia Lean Manufacturing. **Production**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 25, n. 3, p. 691-700, jul. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/nvhxBGWcdrnVC5PdNfgySjL/?lang=pt>. Acesso em: 21 maio 2022.

KRAFCHIK, John. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review**, Massachusetts, p. 41-52, outono 1988. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5373958/mod_resource/content/4/krafchik_TEXTO_INTEGRAL.pdf. Acesso em: 11 dez. 2021.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman Companhia Ed, 2005.

MAIOCHI, André Luis. **Implementação de um sistema de produção puxada: indústria farmacêutica**. Orientador: Prof.^a Dra. Priscila Laczynski de Souza Miguel.

2021. 131 p. Tese (Mestrado em Gestão para a Competitividade) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2021.

MANDELLI, Felipe. **Práticas Lean Manufacturing e métricas de desempenho em empresas do setor automotivo da serra gaúcha**. 2016. 147 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1251/Dissertacao%20Felipe%20Luis%20Mandelli.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

OHNO, T. **O sistema de produção Toyota**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OIAN, Carlos; SILVA, Alessandro; CÉSAR, Francisco; MAKIYA, Ieda. A contribuição da Indústria 4.0 para o Lean Manufacturing. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVI., 2019, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: [s. n.], 2019. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=412&cad=28662&opcao=com_id. Acesso em: 21 maio 2022.

PACHECO, Diego. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, [s. l.], v. 24, ed. 4, p. 940-956, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/Y87wzFMjZSJwCrt7SfsfZsf>. Acesso em: 17 jun. 2022.

PAGLIOSA, Marcos; TORTORELLA, Guilherme; FERREIRA, Joao Carlos. Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 32, ed. 3, p. 543-569, 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMTM-12-2018-0446/full/html>. Acesso em: 18 jun. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano e FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em 29/11/2021.

REWERS, Paulina; TROJANOWSKA, Justyna; CHABOWSKI, Przemyslaw. Tools and methods of Lean Manufacturing: a literature review. **7th International Technical**

Conference TECHNOLOGICAL FORUM, Chéquia, p. 135-139, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308171328>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução: Eduardo Schaan. 2. ed. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2002. 291 p. ISBN 85-7307-169-9.

SILVA, Guilherme; CHIROLI, Daiane. Lean manufacturing: ações de melhorias em empresa metalmeccânica. **Navus**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 10, p. 01-13, dez. 2020. Disponível em: <https://navus.sc.senac.br/index.php/navus/article/view/996/pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

THE TOYOTA Way - J. Liker (summary). [S. l.], 2 ago. 2013. Disponível em: <https://www.mudamasters.com/en/lean-production/toyota-way-j-likers-summary>. Acesso em: 18 jun. 2022.

TRIANA, Novera Elisa; BEATRIX, Meike Elsy. Production System Improvement Through Kanban application in labor intensive company. **Sinergi**, Indonésia, p. 33-40, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.1.005>. Acesso em: 21 maio 2022.

VASCONCELOS, João Alexandre. **Aplicação das Ferramentas Lean num Armazém**. Porto, 2021. Disponível em https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/20121/1/DM_JoaoVasconcelos_2021_MEM.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2022.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. 2. ed. rev. e atual. [S. l.]: Free Press, 2003. 397 p. ISBN 0-7432-4927-5.