

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



Rafael Anderson de Araújo Gonçalves

Análise da implantação de práticas *Lean Manufacturing* em uma linha de produção de produtos madeireiros

Belém
2018

RAFAEL ANDERSON DE ARAÚJO GONÇALVES

Análise da implantação de práticas *Lean Manufacturing* em uma linha de produção de produtos madeireiros

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como requisito avaliativo parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção. Orientador: Prof. Dr. Léony Luis Lopes Negrão.

BELÉM
2018



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



“Análise da implantação de práticas Lean Manufacturing em uma linha de produção de produtos madeireiros”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelo aluno **Rafael Anderson de Araújo Gonçalves**, em 06 de dezembro de 2018, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Dr. Léony Luis Lopes Negrão – UEPA
Orientador

Dr. André Cristiano Silva Melo - UEPA
Avaliador 1

Esp. Bruce de Souza Corrêa – FAPAN
Avaliador 2

Belém/PA, 06 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me ajudado a realizar este trabalho e dado forças para superar as dificuldades que surgiram em vários momentos.

À São Jorge pela proteção e suporte nas dificuldades.

Aos meus pais por todo apoio, carinho, dedicação e educação dado durante todos esses anos.

À minha esposa pelo suporte emocional que foi tão importante para me manter de pé, mesmo quando ela também estava em dificuldades.

À minha família pelos conselhos e cobranças em vários momentos para que essa etapa fosse finalizada.

Aos amigos que ajudaram em muitos momentos a manter o equilíbrio e a suavizar a pressão.

Aos professores de todo o curso que ajudaram a construir meu conhecimento na Engenharia de Produção, especialmente ao professor Léony Negrão pela aceitação desta orientação e pela paciência e sabedoria comigo.

À empresa onde o estudo se desenvolveu pela confiança no meu trabalho.

Rafael Gonçalves

RESUMO

GONÇALVES, Rafael Anderson de Araújo. **Análise da implantação de práticas *Lean Manufacturing* em uma linha de produção de produtos madeireiros**. 2018. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2018.

As ferramentas e práticas do *Lean Manufacturing* são mundialmente conhecidas e testadas, de maneira que tornou-se uma filosofia adotada em muitas empresas para melhorar a gestão do desempenho dos processos, gerando maior produtividade, eficiência, redução de custos, redução de *setup's* e *lead times*, dentre outros. Este estudo aborda a adoção de práticas *Lean Manufacturing* no setor de cepos de madeira de uma empresa localizada no Distrito Industrial de Icoaraci, em Belém. O objetivo do trabalho é analisar as ações implementadas nas células de produção de cepos, por meio do levantamento da situação dos parâmetros do processo antes e depois do estudo, análise da aplicação das práticas *lean* no processo e avaliação dos resultados à luz das premissas e objetivos definidos para o projeto. A análise foi feita nas células de produção dos blocos superiores e inferiores de três modelos mais vendidos de cepos. Após a aplicação das ferramentas *takt time* e balanceamento das linhas de produção, verificou-se que os parâmetros do processo apresentaram melhorias significativas, onde as adequações e adaptações de operações e máquinas promoveram um ajuste de quatro postos de trabalho, de forma que a mão de obra foi distribuída a outros processos e células dentro da fábrica. Além disso, a produtividade das linhas estudadas aumentou, em média, 21%. Por fim, foram propostas novas oportunidades de estudo que pudessem ampliar os ganhos já obtidos, bem como permitir a aplicação de estudo semelhante em outros processos e células de produção.

Palavras-Chave: *Lean Manufacturing*. *Takt time*. Balanceamento da produção.

ABSTRACT

GONÇALVES, Rafael Anderson de Araújo. **Analysis of the implementation of Lean Manufacturing practices in a wood industry production line.** 2018. 66f. Monography (Bachelor in Production Engineering) – University of the State of Pará, Belém, 2018.

The tools and practices of Lean Manufacturing are widely recognized and tested around the world, so that it has become a philosophy adopted in many companies to improve the process management performance, generating greater productivity, efficiency, costs reduction, setup's e lead times reduction, among others. This study deals with the adoption of Lean Manufacturing practices in the sector of wooden blocks production in a company located at the Industrial District of Icoaraci, in Belém. The study goal is analyze the actions implemented on the wooden blocks production cells, through the data collection of the situation of the process parameters before and after the study, the analysis of the application of lean practices in the process and evaluation of the results according to the premises and goals defined to the project. The analysis were done in the superior and inferior blocks production cells of the three bestseller models of products. After the application of takt time and line balancing tools, it was observed that the process parameters had shown great improvements, which the adjustments and adaptations of operations and machines promoted an adjustment of four workstations, so that the labor was distributed to another processes and cells along the factory. In addition, the productivity of the studied lines had increased 21%, in average. Finally, it was proposed new opportunities of study that could expand the gains already obtained, such as allows the application of similar study in another processes and production cells.

Keywords: Lean Manufacturing. Takt time. Line balancing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos trabalhos por ano.....	20
Figura 2 – Distribuição dos trabalhos por país	21
Figura 3 – Classificação dos trabalhos quanto ao método de pesquisa.....	22
Figura 4 – Quantitativo de estudos por indústria	22
Figura 5 – Práticas <i>lean</i> adotadas	23
Figura 6 – Trabalhos que relacionam práticas <i>lean</i> com indicador de desempenho	24
Figura 7 – Indicadores de desempenho utilizados	25
Figura 8 – Cepo modelo A.....	31
Figura 9 – Cepo modelo B.....	31
Figura 10 – Cepo modelo C.....	32
Figura 11 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo A.....	33
Figura 12 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo B.....	33
Figura 13 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo C	34
Figura 14 – Fluxo do processo do bloco superior para os três modelos selecionados	35
Figura 15 – Fluxo do processo do bloco inferior para os modelos A e C	35
Figura 16 – Fluxo do processo do bloco inferior para o modelo B.....	35
Figura 17 – Balanceamento das operações do modelo A (antes)	43
Figura 18 – Balanceamento das operações do modelo B (antes)	43
Figura 19 – Balanceamento das operações do modelo C (antes).....	44
Figura 20 – Bloco antes da compra da ferramenta.....	46
Figura 21 – Bloco depois da compra da ferramenta.....	46
Figura 22 – Ferramenta para quebra de canto na moldureira	47
Figura 23 – Processo de lixar lateral 1 feito antes	48
Figura 24 – Processo de lixar lateral 1 feito depois	48
Figura 25 – Processo de cortar topo e grau antes.....	49
Figura 26 – Processo de cortar topo e grau depois	50
Figura 27 – Processo de lixar topo antes do estudo.....	51
Figura 28 – Processo marcar a fogo antes do estudo	51
Figura 29 – Processo lixar topo e marcar a fogo depois do estudo	52
Figura 30 – Balanceamento das operações do modelo A (depois)	52
Figura 31 – Balanceamento das operações do modelo B (depois)	53
Figura 32 – Balanceamento das operações do modelo C (depois)	53
Figura 33 – Fluxo do processo do bloco superior para os três modelos selecionados (depois)	54
Figura 34 – Fluxo do processo do bloco inferior para os modelos A e C (depois)....	55
Figura 35 – Fluxo do processo do bloco inferior para o modelo B.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da literatura pesquisada.....	16
Tabela 2 – Faturamento por cepo no segundo semestre de 2017.....	30
Tabela 3 – Resumo das operações de produção de cepos estudadas	36
Tabela 4 – Produtividade modelo A	38
Tabela 5 – Produtividade modelo B	39
Tabela 6 – Produtividade modelo C.....	39
Tabela 7 – Produção diária atual <i>versus</i> demanda diária do cliente.....	40
Tabela 8 – <i>Takt time</i> do cepo modelo A	41
Tabela 9 – <i>Takt time</i> do cepo modelo B	41
Tabela 10 – <i>Takt time</i> do cepo modelo C	41
Tabela 11 – Resumo das operações de produção de cepos após ações implementadas	56
Tabela 12 – Produtividade modelo A (depois)	57
Tabela 13 – Produtividade modelo B (depois)	58
Tabela 14 – Produtividade modelo C (depois)	58
Tabela 15 – Comparativo antes e depois do fluxo de produção	59
Tabela 16 – Comparativo antes e depois da produtividade	60
Tabela 17 – Comparativo antes e depois da <i>takt time</i> e balanceamento.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 GERAL	11
2.2 ESPECÍFICOS	11
3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	11
4 REVISÃO TEÓRICA	12
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	13
4.1.1 CONCEITO	13
4.2 ESTUDO DA LITERATURA SOBRE O TEMA PESQUISADO	14
4.2.1 CLASSIFICAÇÃO.....	15
4.2.2 ANÁLISE DA LITERATURA	20
4.2.3 DISCUSSÃO DA LITERATURA.....	25
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
5.1 TIPO E DELINEAMENTO DA PESQUISA	27
5.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	27
5.3 EXECUÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	28
5.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	28
5.5 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	29
6 ESTUDO DE CASO	29
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	29
6.2 PARÂMETROS DO PROCESSO ANTES DO ESTUDO.....	34
6.2.1 FLUXO DE PRODUÇÃO	34
6.2.2 PRODUTIVIDADE	37
6.3 ADOÇÃO DE PRÁTICAS <i>LEAN</i>	40
6.3.1 <i>TAKT TIME</i>	40
6.3.2 BALANCEAMENTO DAS CÉLULAS DE PRODUÇÃO	42
6.4 PARÂMETROS DO PROCESSO DEPOIS DO ESTUDO	54
6.4.1 FLUXO DE PRODUÇÃO	54
6.4.2 PRODUTIVIDADE	57
6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	58
7 CONCLUSÃO	62

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

Torna-se, atualmente, cada vez mais importante buscar formas de controlar os fatores que geram desperdícios nas empresas, para que estas possam continuar em condições de competir no mercado. A empresa deverá atuar na identificação dos processos onde mais ocorrem falhas, perdas, ineficiências e outros fatores que podem impactar negativamente no seu resultado, devendo, para isso, utilizar um método que melhor se enquadre ao seu contexto de operação.

Quando se refere à métodos e práticas de melhoria do desempenho industrial, o *Lean Manufacturing* é um dos sistemas de gestão da produção mais utilizados. Inspirado nas práticas do Sistema Toyota de Produção, o *lean* tem sido utilizado em organizações de quase todos os setores, como meio fundamental de transformação da realidade de suas gestões (WOMACK & JONES, 2003). Na sua essência, o *lean* é sistema de produção que utiliza um conjunto de ferramentas e técnicas que permitem, de forma integrada, que a produção seja flexível e adaptável, embora existam rígidas especificações de produtos, fluxos de materiais e atividades de produção, além da capacidade de eliminar desperdícios de forma contínua e buscar soluções sistemáticas para variados problemas (MARTINS & LAUGENI, 2005).

O *Lean Manufacturing* se utiliza de várias práticas eficientes para atingir seus objetivos, tais como: *kaizen*, *kanban*, *just-in-time*, mapeamento de fluxo de valor, 5S, dentre outras. Tais técnicas atuam em conjunto formando base sólida para análise, tratamento e solução dos problemas fabris, visto que, na realidade industrial atual, o chão de fábrica precisa atender aos pedidos cada vez mais diversificados, com lotes menores de produção, mix maior de produtos, nos menores tempo e custo possíveis (OHNO, 1997).

De acordo com Womack, Jones e Roos (1990), na indústria é o espaço onde o *lean* desenvolveu mais rápido, pois surgiu da análise dos pontos fracos dos modelos de produção em massa do Ford e do sistema de produção artesanal, criando-se assim, um sistema híbrido entre os dois modelos. Com o sucesso deste modelo, o *lean* tornou-se uma filosofia de ampla utilização em organizações de todas as áreas.

Considerando o exposto, este trabalho consiste em uma proposta de análise da implantação de técnicas do *lean manufacturing* em uma linha de produção

de cepos de madeira de uma empresa do setor madeireiro situada no distrito industrial de Icoaraci, em Belém/PA, a fim de observar os resultados na melhoria do desempenho operacional na fabricação dos componentes pela linha. Além disso, o presente estudo buscou solucionar o seguinte questionamento:

- É possível melhorar o desempenho operacional de determinada linha de produção a partir da implementação de práticas *lean manufacturing*?

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar o processo de implantação das práticas *Lean Manufacturing* em uma célula de produção de uma empresa do ramo madeireiro situada na cidade de Belém.

2.2 ESPECÍFICOS

- Fazer levantamento dos parâmetros do processo antes e depois da adoção das práticas *lean* nas operações estudadas;
- Analisar os impactos das práticas *lean* implementadas nos parâmetros de processo.

3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O mercado globalizado exige que as empresas busquem melhorar os aspectos que influenciam a sua competitividade, seja no ambiente externo ou interno. Considerando que a variável preço de venda é mais difícil de ser modificada, dado que o mercado é geralmente resistente à sua variação para mais, as organizações devem concentrar seus esforços na redução dos fatores que impactam negativamente seus custos. Dessa forma, deve-se adotar uma metodologia que seja eficiente nas análises e propostas de melhoria.

Segundo o relatório de competitividade da indústria brasileira para o biênio 2017-2018, a indústria brasileira apresenta o segundo pior desempenho dentre 18 países analisados. Isso se deve, principalmente à fatores como: baixo desempenho

em disponibilidade e custo de capital, péssimas condições em infraestrutura e logística, alta carga tributária, ambiente de negócios com baixa atratividade e ambiente macroeconômico desfavorável à competitividade (CNI, 2018).

Tais fatores criam um ambiente muito desfavorável à atuação e rentabilidade das empresas brasileiras, o que torna a necessidade de análise de oportunidades de melhorias uma atividade urgente.

De acordo com Sebrae (2017), apesar de ser uma tarefa complicada, é possível atingir este objetivo por meio da utilização da filosofia *lean* como ferramenta de eliminação de desperdícios e redução dos custos, já que propicia oportunidades de melhoria da gestão dos recursos da empresa, bem como identificação dos seus maiores problemas.

A produção de madeira tropical da Amazônia é intensa e ocupa a terceira posição no *ranking* dos maiores produtores do mundo. Apesar de estar no topo, há imensos desafios para que as empresas deste tipo de mercado sejam mais competitivas e rentáveis.

Os principais são: baixa adoção da política de manejo de recursos florestais, pressão ambiental dos órgãos regulatórios sobre as empresas, baixa qualificação da mão-de-obra nas fontes de produção e extração da madeira, mudança de comportamento do mercado quanto à utilização de madeira nativa (menor adesão), aumento de pagamento dos serviços florestais em contrapartida ao dano ambiental causado, dentre outros (VERÍSSIMO & PEREIRA, 2014).

Por fim, há uma necessidade crescente dentro da empresa em estudo de análise dos processos com o fim de melhorar o desempenho global do negócio, de forma que os produtos possam ser mais rentáveis e tenham maior aceitação nos seus mercados de atuação.

4 REVISÃO TEÓRICA

Este tópico consiste na abordagem teórica acerca do tema em estudo: o *lean manufacturing*. Para isso, foi realizada uma contextualização do tema a partir da

visão de autores clássicos e, por fim, uma análise de artigos publicados em bases de dados científicos, como: *Scopus*, *Science Direct* e *Abepro*.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING*

4.1.1 CONCEITO

O *Lean Manufacturing* (produção enxuta, em português) é um termo dado pelo *International Motor Vehicle Program* (IMVP), programa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) dos Estados Unidos, que contava com a participação de cientistas de várias áreas ligadas à indústria automotiva, com o objetivo de pesquisar e explorar os mecanismos que fundamentam as mudanças desta indústria, bem como estabelecer bases para o conhecimento que contribuíssem para a interação de governos, empresas industriais e a própria universidade, isto é, de que forma esta poderia auxiliar tais entidades na melhoria e revitalização da indústria automobilística (WOMACK, JONES & ROOS, 1990).

Em meados de 1950, uma equipe de engenheiros da Toyota foi enviada à planta da Ford, em Detroit, para análise do sistema de produção da empresa americana e concluiu que o sistema de manufatura em massa não poderia ser aplicado às indústrias japonesas, pois o perfil de demanda dos consumidores japoneses exigia vários modelos de veículos (carros de luxo para autoridades, carros menores para o trânsito em vias urbanas, etc). Além disso, a força de trabalho japonesa não aceitava ser tratada como custo variável e exigia melhores condições de trabalho, as organizações de trabalhadores buscavam formas de compartilhar os lucros da empresa e não somente o pagamento básico. A associação destes fatores acima com outros fatores externos da economia mundial e a japonesa foram determinantes para a criação de um método alternativo de conduzir a produção industrial.

Nesse sentido nasceu o *Lean Manufacturing*, a partir da necessidade de se produzir mais produtos, com maior qualidade e menores custos. O que a Toyota buscava era, ao mesmo tempo adotar um sistema que produzisse uma maior variedade de produtos, porém em menores quantidades do que o sistema de

produção em massa de Ford, de forma que atendesse às necessidades do mercado, bem como com menor custo que os do sistema artesanal (OHNO, 1997).

Isso seria possível a partir de um conjunto de práticas de gestão da produção que possibilitasse um menor *lead time* sem perder de vista a mais alta qualidade do produto, ao mesmo tempo, gerando valor para o consumidor final por meio do menor custo operacional possível. Essas práticas *lean manufacturing* estão sumarizadas na Seção 4.2.

4.2 ESTUDO DA LITERATURA SOBRE O TEMA PESQUISADO

Para o estudo da literatura, foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos relacionados ao tema em questão e com utilização de técnicas e análises semelhantes. As etapas de pesquisa e análise dos trabalhos podem ser verificadas abaixo:

- Etapa 1 – pesquisa em bases de dados científicos como, *Science Direct*, *Scopus* e *Abepro* por palavras-chave relacionadas à *lean manufacturing* como “*lean practices*”, “*lean production*”, “*lean system*”, “produção enxuta”, dentre outros, e combinações de palavras que arremetessem à aplicação em indústrias como, “*industry*”, “*wood industry*” e “*manufacture industry*”;
- Etapa 2 – análise preliminar dos trabalhos que tiveram mais similaridade ao tema abordado neste estudo e descarte dos que mantinham pouca ou nenhuma relação com o mesmo;
- Etapa 3 – após leitura e compreensão dos trabalhos selecionados, foi construída uma tabela com informações relevantes de cada material como: ano de publicação, país em que foi aplicado, método de pesquisa, resultados alcançados, dentre outros;
- Etapa 4 – análise e discussão dos dados e correlação entre os trabalhos selecionados, por meio de ferramentas tais como: gráficos e diagramas.

Após a pesquisa nas bases de conhecimento citadas anteriormente, foram encontrados 45 trabalhos que continham alguma relação com *lean manufacturing*.

Porém, 26 estudos foram desconsiderados, pois, não possuíam similaridade com o tema proposto neste TCC.

Sendo assim, restaram 19 trabalhos considerados relevantes ao assunto abordado, sendo 16 artigos, 1 trabalho de conclusão de curso (TCC) e 2 dissertações de mestrado.

4.2.1 CLASSIFICAÇÃO

Os trabalhos selecionados foram analisados e suas principais informações foram agrupadas na Tabela 1. Alguns dados foram parametrizados para melhor análise das informações, dentre os quais:

- País: as nacionalidades onde foram desenvolvidos os trabalhos. Os países encontrados foram: Brasil (BRA), China (CHN), Estados Unidos (USA), Índia (IND), Indonésia (IDN), Malásia (MAL), Polônia (POL), Portugal (POR) e Turquia (TUR);
- Método de pesquisa: identifica qual metodologia aplicada nos trabalhos e possibilita melhor compreensão daqueles que mais se aplicam à este estudo. Os métodos foram divididos em: Estudo de caso, Pesquisa-Ação e *Survey*;
- Práticas *lean* adotadas: relaciona quais as práticas *lean* utilizadas nos respectivos trabalhos, a fim de buscar as que possuem maior similaridade ao tema proposto;
- Indicadores de desempenho: fornece quais indicadores foram trabalhados no estudo, bem como o impacto das ações desenvolvidas para sua melhoria;

Resultados obtidos: breve explicação dos principais resultados alcançados pela adoção de ferramentas *lean* na resolução do problema da pesquisa.

Tabela 1 – Classificação da literatura pesquisada

Autores	Ano	País	Método de pesquisa	Indústria estudada	Práticas <i>lean</i> adotadas	Relação com desempenho	Indicadores	Resultados alcançados
Araújo <i>et al</i> (2018)	2018	BRA	Estudo de caso	Eletrônicos	MOST e <i>One piece flow</i> .	Sim	Produtividade	-Após a implementação do <i>lean</i> , a quantidade de peças produzidas por hora aumentou de 700 unidades para 1000 unidades.
Castro e Souza (2014)	2014	BRA	Estudo de caso	Metalúrgica	SMED, 5S, TPM e <i>Kanban</i> .	Sim	Tempo de <i>setup</i>	-O tempo de <i>setup</i> foi reduzido de 99 minutos para 42 minutos.
Chen <i>et al</i> (2011)	2011	CHN	Estudo de caso	Têxtil	VSM e <i>Takt time</i> .	Sim	Produtividade e <i>lead time</i>	-O <i>lead time</i> da produção foi reduzido de 1214627 segundos para 140584 segundos; -O tempo de ciclo de atividades que agregam valor foi reduzido de 2871 segundos para 2604 segundos.
Dal, Akçagün e Yilmaz (2013)	2013	TUR	Estudo de caso	Têxtil	VSM, <i>Takt time</i> , balanceamento da produção e <i>Kaizen</i> .	Sim	Produtividade, redução de estoque em processo e <i>lead time</i> .	-O <i>lead time</i> da produção reduziu de 19,6 dias para 6,14 dias; -O tempo de operação da atividade que agregam valor reduziu de 2079 segundos para 2023 segundos; -A quantidade de peças produzidas por dia aumentou de 1800 unidades para 2400 unidades; -O estoque em processo reduziu de 21970 unidades para 4400 unidades.
Diah <i>et al</i> (2018)	2018	IDN	Estudo de caso	Têxtil	VSM e <i>Kaizen</i> .	Sim	Produtividade e <i>lead time</i> .	-Aumento de 21% na quantidade de peças produzidas, por meio da eliminação de 17 atividades que não agregam valor ao produto; -Redução do <i>lead time</i> em 440 segundos em todo o processo.

Espinoza, Buehlmann e Fricke (2014)	2014	USA	Survey	Madeira		Não		-Há grandes diferenças em relação ao conhecimento sobre <i>lean</i> entre empresas com quantidades de funcionários diferentes: 65% conheciam <i>lean</i> em empresas até 19 funcionários e 85% conheciam <i>lean</i> em empresas acima de 19 funcionários; -Práticas <i>lean</i> são adotadas, em média, em 16% das empresas fabricantes de móveis de madeira, sendo 9% nas pequenas, 15% nas médias e 40% nas grandes empresas.
Ferreira (2004)	2004	BRA	Estudo de caso	Automotiva	VSM, <i>Takt Time</i> , FIFO, <i>Kaizen</i> , <i>Poka Yoke</i> , SMED e <i>Kanban</i> .	Sim	<i>Lead Time</i> , Distância percorrida das peças.	_O espaço físico total utilizado foi reduzido em 19%; -A distância percorrida pelas peças reduziu em 90%; -O <i>lead time</i> de produção foi reduzido em 83%.
Garre <i>et al</i> (2017)	2017	IND	Estudo de caso	Aeroespacial	5S, <i>One piece flow</i> , <i>Poka-yoke</i> e SMED.	Sim	Produtividade	-Redução do tempo de ciclo de soldagem de válvulas de pressão de 500 litros de 48 para 36 minutos; -Para válvulas de 220 litros o tempo de ciclo reduziu de 54 para 40 minutos.
Guimaraes <i>et al</i> (2014)	2014	BRA	Estudo de caso	Eletrodomésticos	VSM, <i>Kanban</i> , SMED, <i>Kaizen</i> e 5S.	Sim	Produtividade e <i>lead time</i>	-O tempo de <i>setup</i> foi reduzido em 51% (de 60 minutos para 30 minutos); -A produtividade aumentou 20% (de 5300 para 6500 peças/homem/mês).
Horbal, Kagan e Koch (2008)	2008	POL	Estudo de caso	Metalúrgica	<i>One piece flow</i> , padronização do trabalho e <i>Kanban</i> .	Sim	Produtividade	-A produtividade melhorou em 33%; -O espaço necessário para montagem foi reduzido em 50%.

Marifa <i>et al</i> (2018)	2018	IDN	Estudo de caso	Têxtil	VSM e Modelo de Análise de Perdas	Não		-Foi identificado que a perda mais representativa é por defeitos de fabricação; -No processo de <i>Ngerok</i> ocorrem cerca de 15% dos defeitos; -Foi elaborado um diagrama de Ishikawa para verificar as causas dos defeitos;
Nallusamy e Saravanan (2016)	2016	IND	Estudo de caso	Automotiva	VSM, Balanceamento da produção, <i>Kaizen</i> e <i>Takt time</i> .	Sim	Produtividade e <i>lead time</i>	-O <i>lead time</i> da produção foi reduzido de 6,9 dias para 3,6 dias; -O tempo de ciclo de atividades que agregam valor foi reduzido de 170 minutos para 140 minutos.
Panwar <i>et al</i> (2018)	2018	IND	Pesquisa-Ação	Várias		Não		-A implementação de práticas <i>lean</i> tem correlação com a melhoria da performance dos indicadores industriais de empresas indianas; -Os pontos mais impactados pelas práticas foram: eliminação de perdas, redução de defeitos, eficiência das entregas, produtividade, redução de custos e gestão de demanda.
Paoli <i>et al</i> (2013)	2013	BRA	Estudo de caso	Metalúrgica	5S e 7 perdas.	Sim	<i>Lead time</i>	-O <i>lead time</i> foi reduzido em aproximadamente 90%.
Pimentel e Martins (2016)	2016	POR	Pesquisa-Ação	Metalúrgica	Manufatura celular, <i>Takt time</i> e balanceamento da produção	Sim	Distância percorrida pelas peças, entregas no prazo e quantidade de peças rejeitadas.	-As peças costumavam percorrer, em média, 150 metros e passaram a percorrer 12 metros; -O percentual de peças entregues no prazo aumentou de 10% para 64%; -O percentual de peça rejeitadas reduziu de 1,86% para 0,90%.
Rao, Nallusamy e Rajaram (2017)	2017	IND	Estudo de caso	Laticínios	5S, VSM, Balanceamento da produção, <i>Gemba walk</i> e <i>Kaizen</i> .	Sim	Produtividade	-Redução do <i>lead time</i> em 776 minutos, ou seja, 28% do total; -O tempo total do ciclo de montagem foi reduzido em 50 minutos;

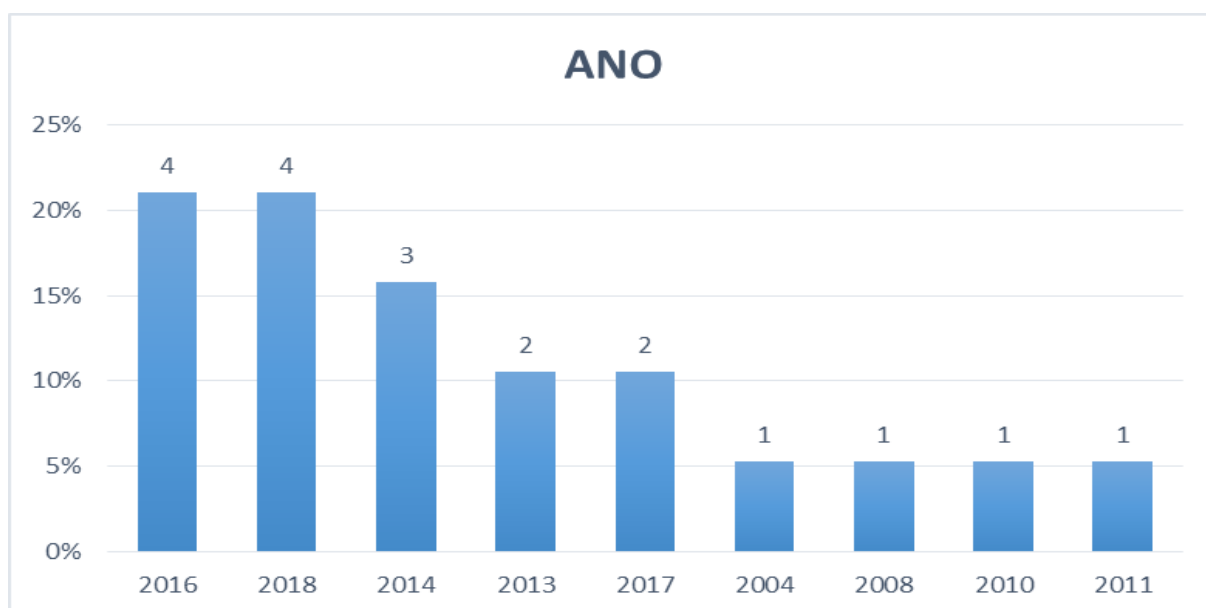
Suganthini, Periyasamy e Nallusamy (2016)	2016	IND	Estudo de caso	Automotiva	Balanceamento da produção, <i>Takt time</i> , VSM e <i>Kaizen</i> .	Sim	Produtividade e tempo de <i>setup</i>	-O tempo total de ciclo foi reduzido de 410 para 312 minutos; -O tempo de <i>setup</i> foi reduzido de 425 para 245 minutos; -O <i>lead time</i> foi reduzido de 7 dias para 5,5 dias.
Vieira (2010)	2010	POR	Estudo de caso	Automotiva	VSM, <i>Kanban</i> e SMED.	Sim	<i>Lead time</i>	-O <i>lead time</i> reduziu de 16 dias para 6 dias; -O espaço ocupado pela linha 1 foi reduzido em 35%.
Zakaria <i>et al</i> (2016)	2016	MAL	Estudo de caso	Eletrônicos	<i>Takt Time</i> .	Sim	Produtividade	-A quantidade de peças produzidas aumentou de 1049 para 1109; -Eliminação de um gargalo do processo.

Fonte: Autor (2018)

4.2.2 ANÁLISE DA LITERATURA

Na Figura 1 observa-se a distribuição dos estudos encontrados por ano de publicação. Percebe-se que a maior parte deles foram publicados entre 2013 e 2018, isto é, o *lean manufacturing* é um tema ainda muito explorado nos dias atuais, apesar de ter sido concebido no século passado. Do total de 19 trabalhos considerados, 15 se encontram neste intervalo de tempo (79% do total).

Figura 1 – Classificação dos trabalhos por ano



Fonte: Autor (2018)

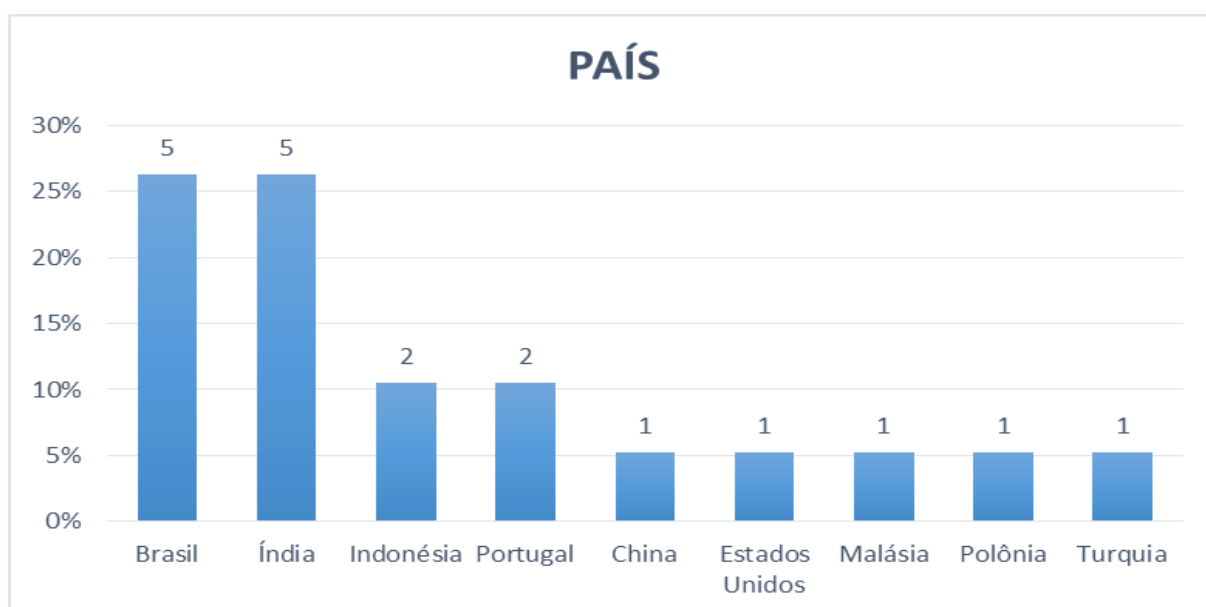
Já na Figura 2 tem-se a distribuição dos estudos revisados por países. É possível notar que a maior contribuição acerca do tema pesquisado está concentrada em dois países: Brasil e Índia. Dentre os trabalhos desenvolvidos no Brasil destacam-se Araújo *et al* (2018), que abordou a utilização de práticas *lean* em uma indústria de eletrônicos. Nos estudos de Castro e Souza (2014) o *lean* foi aplicado em um processo metalúrgico, diferentemente de Ferreira (2004) que utilizou essas técnicas na sua dissertação em uma empresa de peças automotivas. Por fim, Guimarães *et al* (2014) fizeram uma análise em uma empresa de eletrodomésticos.

Em relação aos trabalhos indianos, as análises também foram em setores bem diversificados como: Garre *et al* (2014) que aplicaram em uma indústria aeroespacial; Nallusamy e Saravanan (2016) e Suganthini, Periyasamy e Nallusamy

(2016), que fizeram análises no setor automotivo; e Rao, Nallusamy e Rajaram (2017), que estudaram uma indústria de laticínios.

Os demais trabalhos foram realizados na China, Turquia, Indonésia, Estados Unidos, Portugal e Polônia. Destacam-se os trabalhos de: Chen *et al* (2011), Dal, Akçagün e Yilmaz (2013), Diah *et al* (2018) e Marifa *et al* (2018), que fizeram análises no setor têxtil; Horbal, Kagan e Koch (2008), Paoli *et al* (2013) e Pimentel e Martins (2016), que estudaram o *lean* no setor metalúrgico; Espinoza, Buehlmann e Fricke (2014), na indústria madeireira americana; Vieira (2010), na indústria automotiva; Zakaria *et al* (2016), na indústria de eletrônicos; e Panwar *et al* (2018), que aplicou *survey* em vários tipos de indústrias.

Figura 2 – Distribuição dos trabalhos por país



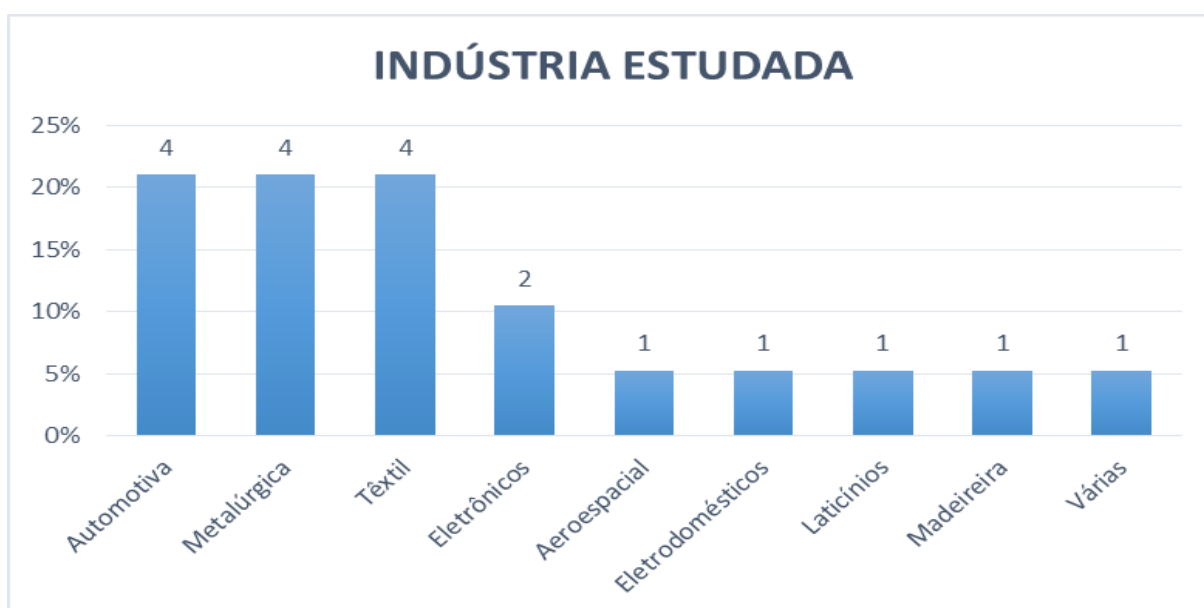
Fonte: Autor (2018)

Quanto aos métodos de pesquisa é notória a grande quantidade de estudos de caso encontrados quando *lean manufacturing* é o tema central. Na pesquisa realizada, 84% do total são estudos de caso, 11% são do tipo pesquisa-ação e 5% são do tipo *survey*. Na Figura 3 constam tais dados:

Figura 3 – Classificação dos trabalhos quanto ao método de pesquisa

Fonte: Autor (2018)

As pesquisas resultaram em estudos desenvolvidos em 9 áreas industriais diferentes, sendo que a maior parte desses estão nas indústrias automotiva, metalúrgica e têxtil, com 4 trabalhos cada, ou aproximadamente dois terços de todos os trabalhos. Em seguida vem a indústria de eletrônicos com 2 trabalhos, ou 11% do total e, por fim, as indústrias aeroespacial, de eletrodomésticos, laticínios, madeireira e “várias” com 1 trabalho cada, vide Figura 4.

Figura 4 – Quantitativo de estudos por indústria

Fonte: Autor (2018)

É importante notar que foi encontrado apenas um trabalho na mesma indústria do presente estudo, o que reforça a necessidade de desenvolver mais conhecimento na área madeireira.

A análise detalhada de cada trabalho identificou 17 práticas *lean* que foram utilizadas, sendo que a maior parte dos estudos utilizou mais de uma prática. As exceções foram: Panwar *et al* (2018), que realizou uma pesquisa-ação em várias empresas para estabelecer uma correlação entre melhoria de desempenho com a adoção de práticas *lean*; Espinoza, Buehlmann e Fricke (2014), que realizaram um *survey* em várias empresas americanas a fim de obter conhecimento sobre o grau de utilização destas ferramentas na região do estudo; e Zakaria *et al* (2016), que utilizou análise do *takt time* em uma empresa de eletrônicos na Malásia.

A técnica mais utilizada foi o *Value Stream Map* (VSM), sendo aplicada em 53% dos casos, inclusive sendo a única, dentre todas, a abranger mais da metade dos trabalhos. Em seguida, *kaizen* e *takt time* apresentaram bons percentuais de uso (um terço dos trabalhos). 5S, balanceamento da produção, *kanban* e *Single Minutes Exchange of Dies* (SMED) fecham o grupo das mais utilizadas, presentes em mais de um quarto do total. Estas informações são ilustradas na Figura 5.

Figura 5 – Práticas *lean* adotadas

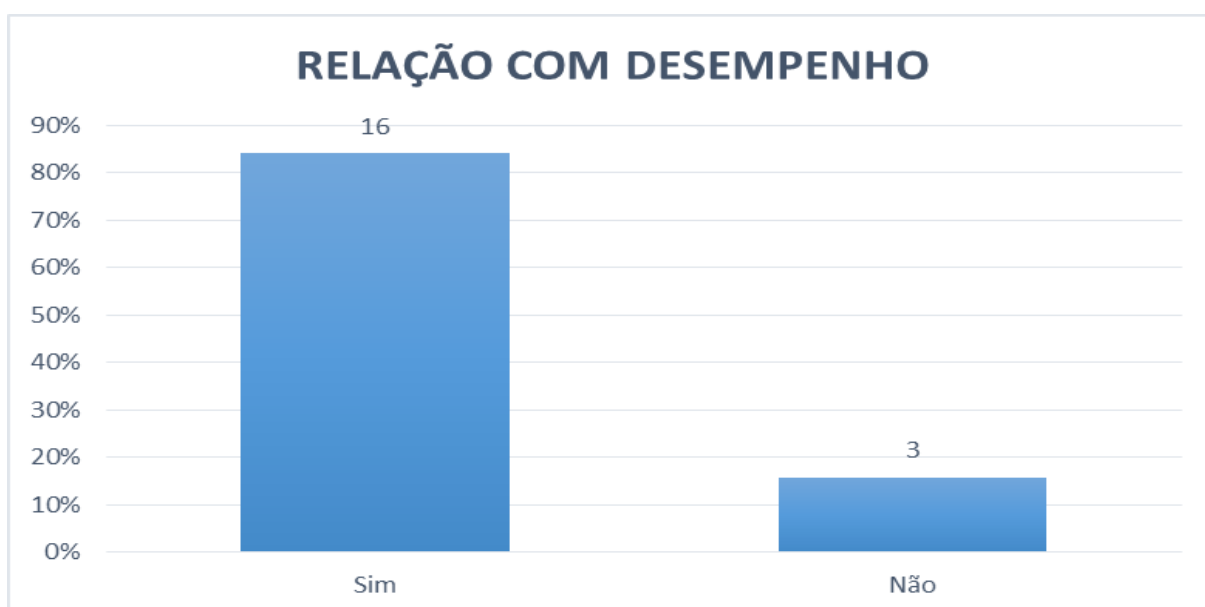


Fonte: Autor (2018)

Foi constatado que 84% dos trabalhos relacionam essas práticas *lean* com algum indicador de desempenho, isto é, a adoção destas ferramentas exerce impacto na configuração de determinado indicador. Apenas 3 trabalhos não fizeram esta relação, a saber: Espinoza, Buehlmann e Fricke (2014), pois se trata de um questionário com o fim de quantificar a situação do *lean* nas indústrias madeireiras americanas; Marifa *et al* (2018), que apesar de ser um estudo de caso, não apontou a melhora de algum indicador específico; e Panwar *et al* (2018), que se trata de uma pesquisa-ação objetivando a correlação entre adoção de práticas *lean* com a melhoria de performance da gestão industrial de empresas indianas.

Na Figura 6 esta relação pode ser verificada.

Figura 6 – Trabalhos que relacionam práticas *lean* com indicador de desempenho



Fonte: Autor (2018)

Por fim, foi elaborado o gráfico de indicadores de desempenho utilizados na literatura pesquisada.

O indicador de maior utilização foi o de produtividade, citado em 58% dos trabalhos. Em seguida, o indicador de *lead time*, com 37% de utilização nos estudos. Distância percorrida entre as peças e o tempo de *setup* aparecem em 11% dos estudos cada, entregas no prazo, quantidade de peças rejeitadas e redução de estoque em processo são citados em um trabalho cada um (5% cada).

Em boa parte dos casos mais de um indicador é utilizado para medir o antes e depois da aplicação das práticas *lean* nas indústrias estudadas. Na Figura 7 estes dados estão detalhados.

Figura 7 – Indicadores de desempenho utilizados



Fonte: Autor (2018)

4.2.3 DISCUSSÃO DA LITERATURA

Após a análise dos trabalhos foi possível observar que, naqueles que utilizam o VSM como principal ferramenta, é comum a utilização de outras práticas *lean* para viabilização do estado futuro, tais como: *kaizen*, *takt time*, balanceamento da produção e 5S. O VSM colabora na visualização do estado atual do processo, bem como analisa e mensura as perdas e desvios que prejudicam a sua eficiência.

Contudo, o VSM funciona apenas como um diagnóstico para a tomada de ações que tornarão o estado futuro algo factível. Desta forma, as demais ferramentas apoiam as análises dos problemas e os corrigem ou minimizam, contribuindo para a melhoria do desempenho de indicadores.

Dentre os indicadores, os mais utilizados foram o de produtividade (58% dos estudos) e *lead time* (37% do total), sendo utilizados em conjunto em 4 trabalhos:

Dal, Akçagün e Yilmaz (2013), Chen *et al* (2011), Nallusamy e Saravanan (2016) e Guimaraes *et al* (2014).

Foi observado que os resultados alcançados pelo pacote de práticas que contém VSM, *kaizen*, *takt time*, balanceamento da produção e 5S, combinados aos indicadores de produtividade e/ou *lead time*, tiveram resultados muito positivos no sistema estudado, como no caso de Dal, Akçagün e Yilmaz (2013), no qual o *lead time* reduziu de 19,6 dias para 6,14 dias e a quantidade de peças produzidas por dia aumentou de 1800 unidades para 2400 unidades em uma linha de produção de uma indústria têxtil na Turquia. Nallusamy e Saravanan (2016) obtiveram ganhos similares também quando o *lead time* da produção foi reduzido de 6,9 dias para 3,6 dias e o tempo de ciclo de atividades que agregam valor foi reduzido de 170 minutos para 140 minutos.

Bons resultados foram alcançados em trabalhos que não utilizaram VSM também, como foi o caso de Araújo *et al* (2018), que utilizaram a metodologia de análise de tempos MOST para identificar os gargalos da linha e propuseram uma automação que proporcionou um aumento de produção de 700 peças/hora para 1000 peças/hora. Já Castro e Souza (2014) utilizaram SMED, 5S, TPM e *kanban* para reduzir o tempo de *setup* de 99 minutos para 42 minutos.

Houve um caso onde não foram utilizadas ferramentas *lean* para analisar o problema. Isto ocorreu porque Espinoza, Buehlmann e Fricke (2014) fizeram a aplicação de um *survey* nas empresas madeireiras de Virgínia, nos Estados Unidos, a fim de saber qual o panorama de utilização de ferramentas *lean* em seus processos e foi descoberto que somente em 16% delas há utilização das ferramentas. Além disso, os mesmos autores perceberam que há grandes diferenças de conhecimento de práticas *lean* quando a quantidade de funcionários muda.

Assim como os anteriores, Panwar *et al* (2018) não utilizaram as ferramentas *lean* no estudo e realizaram uma pesquisa-ação com o propósito de conhecer a relação da adoção de práticas *lean* com a melhoria do desempenho em seus processos. Foi verificado que a implementação de práticas *lean* tem correlação positiva com a melhoria da performance das indústrias indianas, sendo que os pontos

mais impactados pelas práticas foram: eliminação de perdas, redução de defeitos, eficiência das entregas, produtividade, redução de custos e gestão de demanda.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 TIPO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2005), o presente estudo pode ser classificado da seguinte forma:

Quanto à sua natureza, é uma pesquisa aplicada, pois pretende gerar conhecimentos práticos e nortear a solução de problemas específicos, dado certo contexto.

Quanto à sua forma de abordagem, é tanto quantitativo, pois utiliza recursos matemáticos, quanto qualitativo, pois são realizadas análises não numéricas e descrições de processos.

Quanto aos objetivos, é uma pesquisa exploratória, pois objetiva proporcionar maior familiaridade com um tema em particular para torná-lo explícito.

Por fim, do ponto de vista dos procedimentos técnicos trata-se de um estudo de caso, uma vez que será aplicado em uma empresa fabricante de móveis e utilidades em madeira, situada em Belém, abordando um caso específico e suas conclusões e resultados poderão ser objeto de análise de outros casos similares.

5.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa buscou analisar a implantação de práticas *lean* na linha de produção de “cepos de madeira” em uma indústria de fabricação de móveis e utilidades de madeira no distrito industrial de Icoaraci, no município de Belém.

De maneira mais específica, o trabalho concentrou-se na análise dos processos de usinagem, lixamento e marcação dos cepos, envolvendo operações de cortar, lixar, quebrar canto e marcar a fogo.

5.3 EXECUÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O trabalho se desenvolveu na empresa em estudo no período de Outubro de 2017 a Setembro de 2018 e sua execução ocorreu por meio das etapas descritas, dentre as quais:

- Etapa 1 – Revisão Teórica: realizou-se um estudo da literatura, onde foi possível identificar e delimitar o objeto de pesquisa e as práticas *lean* que vem sendo discutidas nos diferentes países do mundo;
- Etapa 2 – Análise do objeto de estudo: após uma exaustiva análise da literatura quanto às práticas *lean*, procurou-se identificar e analisar parâmetros da empresa madeireira, objeto de estudo deste TCC, para delinear de que forma pode-se medir o impacto da adoção das práticas *lean* no sistema estudado. Desta forma, foram encontrados os seguintes parâmetros: fluxo de produção e produtividade;
- Etapa 3 – Implementação das práticas *lean*: aqui foram descritas todas as práticas *lean* adotadas no estudo, bem como de que forma atuaram na melhoria dos indicadores utilizados. As práticas adotadas foram: *takt time* e balanceamento da produção;
- Etapa 4 – Discussão dos resultados: neste tópico foram discutidos os resultados da aplicação das ferramentas *lean* no objeto de estudo e a mudança no comportamento dos indicadores como forma de medição dos parâmetros do processo após a realização do estudo;
- Etapa 5 – Conclusão: por fim, foram feitas análises de todo o trabalho, buscando ressaltar seus pontos mais relevantes, suas limitações, as propostas de continuidade em trabalhos futuros e análise do atingimento das metas do trabalho.

5.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados por meio de observação *in loco*, entrevistas não estruturadas com os responsáveis pela implementação das práticas *lean* no objeto de

estudo (engenheiros, supervisores e técnicos de produção) e anotações técnicas acerca dos parâmetros de implementação e desempenho das práticas *lean*.

5.5 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas como suporte para uma melhor análise dos resultados. Outros equipamentos também foram utilizados para obtenção dos dados coletados, como: prancheta e cronômetro para aferição de tempos de ciclo das operações; e máquinas fotográficas para registro do processo antes e depois da aplicação do estudo.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Este trabalho analisa a implantação de práticas *lean* na linha de produção de cepos de madeira de uma empresa do ramo madeireiro situada no distrito industrial de Icoaraci, na cidade de Belém, estado do Pará.

A empresa faz parte de um grupo industrial brasileiro atuante em diversos segmentos como: utilidades e equipamentos de cozinha, materiais elétricos, materiais para reforma e construção, equipamentos para jardim, oficinas e garagens, dentre outros. O grupo possui 10 fábricas no Brasil e diversos centros de distribuição espalhados pelo mundo.

A unidade de Belém conta com cerca de 420 funcionários e é especializada na produção de móveis, tábuas e utilidades em madeira, cabos de ferramentas e de facas. A maior parte da produção da empresa é vendida para o mercado nacional (cerca de 80%) e o restante é exportado para clientes em 36 países.

Este estudo aborda as transformações ocorridas na linha de produção de cepos de madeira, após a implementação de práticas *lean* pela gestão industrial da empresa. Estes produtos têm a função de armazenar facas e tesouras, que são vendidas por outras unidades do grupo na região sul. Logo, a fábrica de Belém

concentra-se em vender sua produção a estas unidades. A venda ao consumidor final é feita após a montagem dos kits nessas fábricas.

A linha em estudo representa cerca de 14% do faturamento total da fábrica de utilidades, na qual está inserida, e 3% do faturamento total, sendo composta por 15 funcionários diretos e 2 indiretos, tendo como principais operações a fresagem de subcomponentes dos cepos, corte dos tacos, lixamento e acabamento manual, envernizamento, polimento e embalagem final.

As práticas *lean* abordadas neste estudo foram implementadas no processo de corte, lixamento, quebra de canto e marcação a fogo, pois são processos feitos em proximidade e onde foram identificadas oportunidades de melhoria.

Na Tabela 2, estão os modelos selecionados para a análise:

Tabela 2 – Faturamento por cepo no segundo semestre de 2017

Modelo	Quantidade	Valor un	Total	%
A	39.329	R\$ 13,23	R\$ 520.322,67	47%
B	20.746	R\$ 15,25	R\$ 316.372,50	76%
C	9.000	R\$ 16,29	R\$ 146.610,00	89%
D	1.850	R\$ 23,50	R\$ 43.475,00	93%
E	1.300	R\$ 31,00	R\$ 40.300,00	97%
F	2.060	R\$ 15,98	R\$ 32.918,80	100%
Total	81.661		R\$ 1.099.998,97	100%

Fonte: Autor (2018)

Os cepos A, B e C foram responsáveis por 89% do faturamento do segundo semestre de 2017, por isso foram escolhidos para serem analisados neste trabalho.

Nas Figuras 8, 9 e 10 constam os respectivos modelos.

Figura 8 – Cepo modelo A



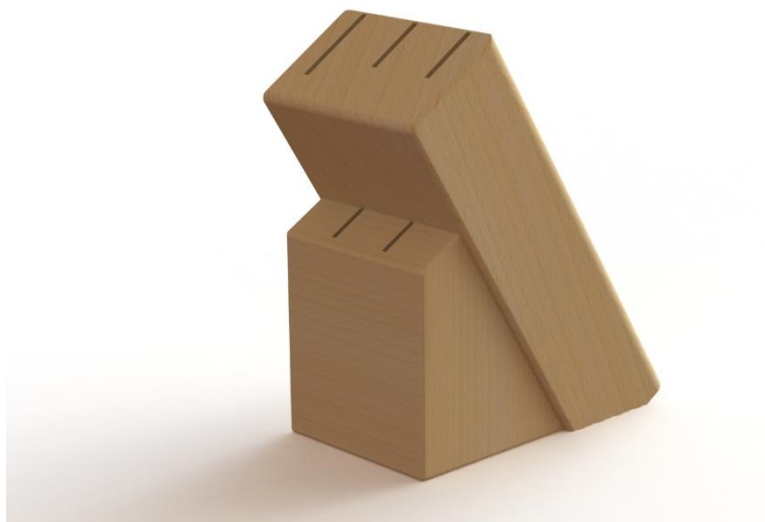
Fonte: Empresa (2018)

Figura 9 – Cepo modelo B



Fonte: Empresa (2018)

Figura 10 – Cepo modelo C



Fonte: Empresa (2018)

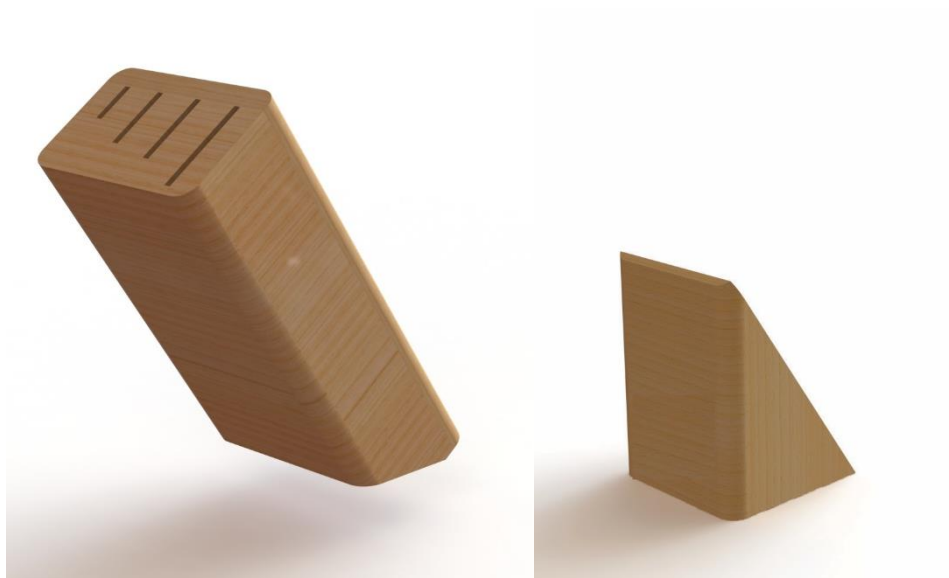
Como se pode observar nas figuras acima, a estrutura geral de um cepo de madeira é bastante similar entre os modelos. Isso permite melhor análise das operações que os constituem, pois perpassam, basicamente, pelos mesmos processos.

Os cepos deste estudo são estruturados da seguinte forma:

- Bloco superior: maior parte do produto, dividido em componentes base e tampa;
- Bloco de apoio: parte menor, sendo constituída pelo componente de apoio.

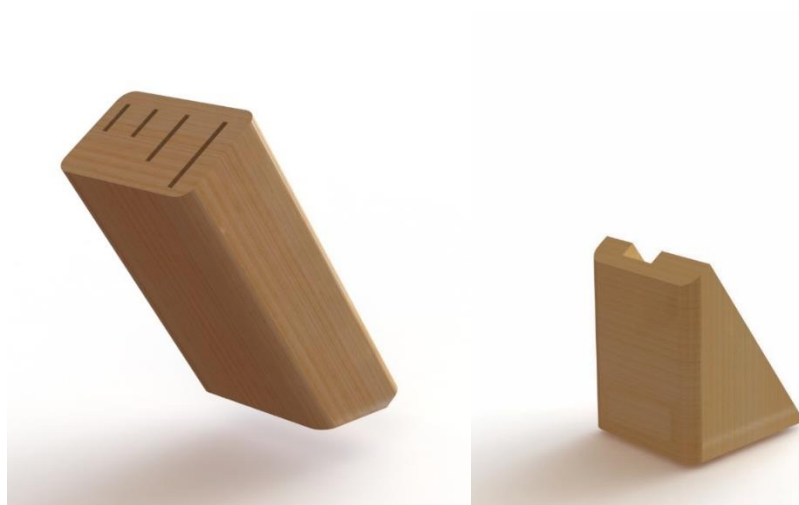
Nas Figuras de 11 a 13 estão as partes de cada tipo de cepo.

Figura 11 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo A



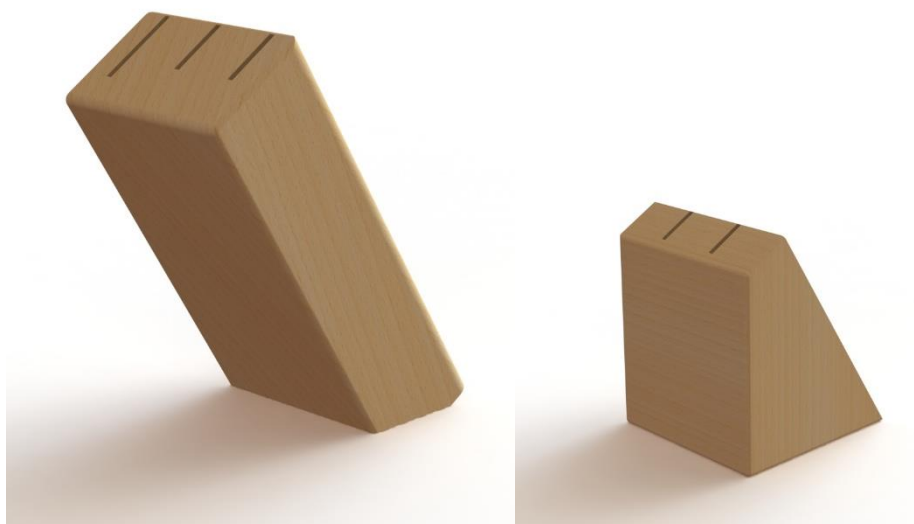
Fonte: Empresa (2018)

Figura 12 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo B



Fonte: Empresa (2018)

Figura 13 – Bloco superior e inferior, respectivamente, do cepo modelo C



Fonte: Empresa (2018)

6.2 PARÂMETROS DO PROCESSO ANTES DO ESTUDO

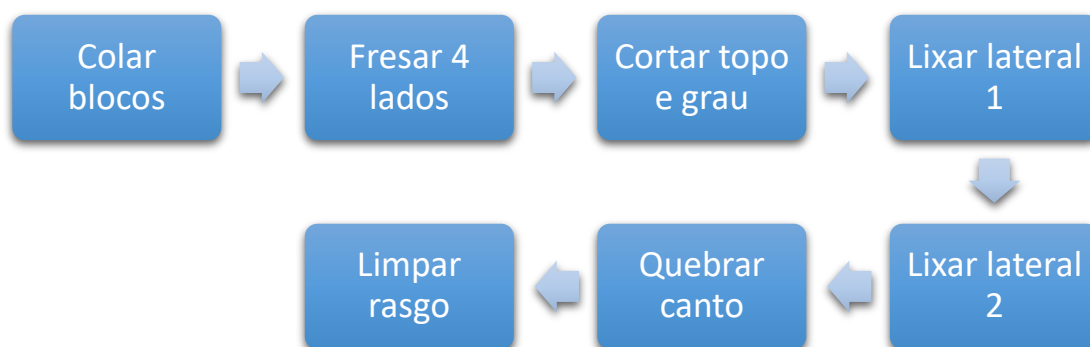
6.2.1 FLUXO DE PRODUÇÃO

O processo de produção de cepos na empresa estudada é dividido em: preparação dos tacos, colagem e usinagem do bloco superior, corte, lixamento, quebra de canto e marcação a fogo do bloco inferior, colagem dos dois blocos, acabamento manual, envernizamento, polimento e embalagem final.

Este trabalho busca analisar as transformações que ocorreram nas etapas de: corte, lixamento, quebra de canto e marcação a fogo. Nas Figuras 14 a 16 são ilustrados os processos constantes nas análises do trabalho.

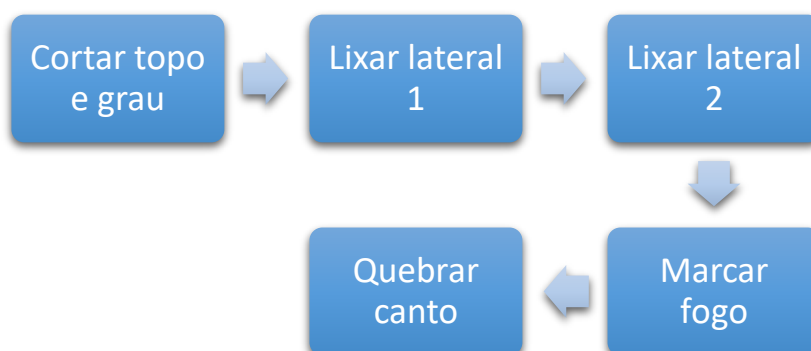
A operação de colar blocos é realizada por dois funcionários, que operam uma coladeira hidráulica, onde um operador passa cola nos tacos (base e tampa) e o outro os organiza nos braços de colagem para fazer a prensagem.

Figura 14 – Fluxo do processo do bloco superior para os três modelos selecionados



Fonte: Autor (2018)

Figura 15 – Fluxo do processo do bloco inferior para os modelos A e C



Fonte: Autor (2018)

Figura 16 – Fluxo do processo do bloco inferior para o modelo B



Fonte: Autor (2018)

Após esta etapa, o bloco colado é fresado em uma moldureira para proceder o alinhamento das quatro faces. Depois, o bloco é individualizado na operação de corte do topo e grau, já adquirindo o *design* final. Então, o novo bloco passa pelo estágio de lixamento das laterais e do topo para retirada de rebarbas do processo de corte. Feito isso, o bloco é levado para uma tupa, onde é feita a operação de quebra dos cantos longitudinais, por meio da usinagem de raios que promovem o abaulamento desses cantos. Por fim, é feita a operação de limpar a cola e as rebarbas de madeira dos rasgos do cepo para melhor encaixe das facas no cliente.

As etapas acima descritas após a colagem dos blocos são realizadas cada uma por um funcionário.

O taco do bloco inferior é cortado em uma serra circular para ficar no formato triangular conforme Figura 11. Depois disso, vai para o processo de lixamento das superfícies laterais e do topo, no caso dos modelos A e C, ou prossegue para a etapa de abrir o rasgo da tesoura na tupa, no caso do modelo B (Figura 12). Feitas as operações de lixar, o bloco passa pelo processo de gravação a fogo da marca da empresa na parte traseira. Por fim, vai para a tupa para quebra dos cantos longitudinais.

Os processos descritos acima são realizados por um funcionário cada um. Desta forma, se somada a quantidade de funcionários das operações do bloco superior e inferior dos três modelos, temos 13 para A e C e 14 para o modelo B.

Os processos analisados neste estudo foram resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo das operações de produção de cepos estudadas

Item	Operação	Descrição	Qtde de Func.	Modelos onde se aplica	Tipo de máquina
Bloco superior	Colar blocos	Colagem das partes do bloco superior (base e tampa).	2	A, B e C.	Coladeira hidráulica.
	Fresar 4 lados	Operação de aplainamento das faces superior e inferior e laterais, para alinhar as medidas e corrigir imperfeições deixadas o processo de colagem.	1	A, B e C.	Moldureira

	Cortar topo e grau	Cortar o bloco aplainado na medida final do produto.	1	A, B e C.	Serra circular
	Lixar lateral 1	Lixar as faces superior e inferior e laterais.	1	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Lixar lateral 2	Lixar os topos do bloco.	1	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Quebrar canto	Lixar os cantos entre as faces laterais e superior e inferior para fazer seu abaulamento (pequeno raio na faixa lateral da peça).	1	A, B e C.	Tupia
	Limpar rasgo	Operação de acabamento em que o funcionário retira o excesso de cola entre os rasgos em que as facas serão colocadas.	1	A, B e C.	Operação manual
Bloco inferior	Cortar topo e grau	Cortar o bloco de apoio para que fique no formato exigido pelo desenho (triangular).	1	A, B e C.	Serra circular
	Abrir rasgo	Operação de abertura de um rasgo para encaixar a tesoura que o cliente vende junto com o cepo.	1	B.	Serra circular
	Lixar lateral 1	Lixar as faces superior e laterais.	1	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Lixar lateral 2	Lixar a face inferior, a qual passou a existir após o corte da serra circular.	1	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Marcar a fogo	Operação de gravação a fogo da marca da empresa no cepo.	1	A, B e C.	Marcador a fogo
	Quebrar canto	Lixar os cantos entre as faces laterais e superior e inferior para fazer seu abaulamento (pequeno raio na faixa lateral da peça).	1	A, B e C.	Tupia
Total			14	-	-

Fonte: Autor (2018)

6.2.2 PRODUTIVIDADE

Após a identificação do fluxo de produção de cada modelo de cepo, foram levantadas as informações dos tempos que cada processo possui no chão de fábrica. Desta maneira, foi possível conhecer as quantidades de cepo produzidas pelo processo por hora. Na Tabela 4 consta a produtividade do cepo de modelo A.

Tabela 4 – Produtividade modelo A

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	295
	Fresar 4 lados	850
	Cortar topo e grau	235
	Lixar lateral 1	235
	Lixar lateral 2	235
	Quebrar canto	235
	Limpar rasgo	235
	Bloco inferior	Cortar topo e grau
Lixar lateral 1		263
Lixar lateral 2		263
Marcar a fogo		263
Quebrar canto		263

Fonte: Autor (2018)

As operações de colar blocos e fresar 4 lados são feitas em postos de trabalho que não estão nas mesmas células que as demais operações, apesar de estarem próximos. Porém, durante a condução do trabalho, algumas operações foram agrupadas nestes processos.

As operações em negrito pertencem as células do bloco superior e inferior e foram onde as oportunidades de melhoria por meio da aplicação de técnicas *lean* foram consolidadas neste estudo. O conjunto de operações do bloco superior produz 235 peças por hora, o que representa 2.068 unidades produzidas por dia. O maior tempo dentre elas é o de quebrar canto, que dura 12,26 segundos, sendo assim o gargalo da célula. Já o bloco inferior produz 263 unidades por hora na célula, isto é, 2.314 unidades por dia. Neste caso, o gargalo é a operação de cortar topo e grau, com tempo de 10,95 segundos.

Assim como no modelo A, as operações de colar blocos e fresar 4 lados não foram diretamente impactadas pelos estudos, relativa ao modelo B que consta na Tabela 5. Porém, outras operações foram agrupadas nas mesmas.

A célula do bloco superior produz 181 peças por hora, o que significa 1.593 peças por dia. O maior tempo, assim como no cepo A, é executar a operação de quebrar canto, que dura 15,97 segundos. No bloco inferior, a produção da célula é de

195 unidades por hora, equivalente a 1.716 unidades por dia. O gargalo desta etapa é cortar topo e grau, durando 14,77 segundos.

Tabela 5 – Produtividade modelo B

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	245
	Fresar 4 lados	778
	Cortar topo e grau	181
	Lixar lateral 1	181
	Lixar lateral 2	181
	Quebrar canto	181
	Limpar rasgo	181
Bloco inferior	Cortar topo e grau	195
	Abrir rasgo	195
	Lixar lateral 1	195
	Lixar lateral 2	195
	Marcar a fogo	195
	Quebrar canto	195

Fonte: Autor (2018)

Diferentemente do modelo A, neste modelo C há a operação de abrir rasgo feita na célula. Os resultados de produtividade de tal modelo estão na Tabela 6.

Tabela 6 – Produtividade modelo C

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	295
	Fresar 4 lados	850
	Cortar topo e grau	235
	Lixar lateral 1	235
	Lixar lateral 2	235
	Quebrar canto	235
	Limpar rasgo	235
Bloco inferior	Cortar topo e grau	242
	Lixar lateral 1	242
	Lixar lateral 2	242
	Marcar a fogo	242
	Quebrar canto	242

Fonte: Autor (2018)

As operações do bloco superior têm a mesma produtividade do modelo A, isto é, 235 peças por hora e 2.068 unidades produzidas por dia. Isso ocorre porque as duas peças são iguais fisicamente, ou seja, os dois cepos possuem blocos superiores iguais, porém com blocos de apoio diferentes. Portanto, o gargalo da célula é a operação de quebrar canto. No bloco inferior, a produção da célula é de 242 unidades por hora, 2.130 por dia, sendo que o gargalo é a operação de cortar topo e grau, com tempo de 11,90 segundos.

6.3 ADOÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN*

6.3.1 *TAKT TIME*

O *Takt Time* é a ferramenta que alinha as expectativas dos clientes em forma de demanda com as capacidades e necessidades de produção, balizando os recursos produtivos de acordo com o tempo requerido para se produzir cada unidade.

Deste modo, a ferramenta foi utilizada no estudo para identificar os desvios do processo em relação à demanda do cliente, bem como conhecer as etapas que mais contribuem para o não atingimento desses objetivos.

As quantidades demandadas diárias foram levantadas junto ao setor comercial da empresa e podem ser observadas conforme abaixo:

- Modelo A: 2.500 unidades;
- Modelo B: 2.000 unidades;
- Modelo C: 2.300 unidades.

Com base no levantamento da produtividade atual e da demanda do cliente, a Tabela 7 mostra as diferenças de cada modelo em relação ao que o mercado desejaria.

Tabela 7 – Produção diária atual *versus* demanda diária do cliente

Modelo	Produção diária atual	Demanda diária	Diferença	%
A	2.068	2.500	432	21%

B	1.593	2.000	407	26%
C	2.068	2.300	232	11%

Fonte: Autor (2018)

Pode-se notar que, na média, a produtividade precisa melhorar cerca de 19% para se aproximar da demanda do mercado, sendo que o modelo B é o mais distante neste aspecto, isto é, precisa de maior esforço implantação de melhorias no seu processo (26%).

Após esta constatação, a próxima ação foi calcular o *takt time* de cada modelo para melhor projetar as melhorias. Nas Tabelas de 8 a 10 constam os cálculos destes *takt time*'s.

Tabela 8 – *Takt time* do cepo modelo A

Parâmetro	Tempo
Demanda diária	2.500 peças
Horas de trabalho por dia	8,8 horas
Ineficiência por dia	1,76 horas
Tempo disponível por dia	7,04 horas
<i>Takt time</i>	10,14 segundos

Fonte: Autor (2018)

Tabela 9 – *Takt time* do cepo modelo B

Parâmetro	Tempo
Demanda diária	2.000 peças
Horas de trabalho por dia	8,8 horas
Ineficiência por dia	1,76 horas
Tempo disponível por dia	7,04 horas
<i>Takt time</i>	12,67 segundos

Fonte: Autor (2018)

Tabela 10 – *Takt time* do cepo modelo C

Parâmetro	Tempo
Demanda diária	2.300 peças
Horas de trabalho por dia	8,8 horas
Ineficiência por dia	1,76 horas
Tempo disponível por dia	7,04 horas

<i>Takt time</i>	11,02 segundos
------------------	----------------

Fonte: Autor (2018)

De acordo com os cálculos, o *takt time* do modelo A ficou em 10,14 segundos, o do modelo B ficou em 12,67 segundos e do modelo C, em 11,02 segundos.

Com base nestas informações, o próximo passo foi realizar um balanceamento das células de produção estudadas, de maneira a verificar os gargalos e folgas do processo, promovendo ajustes, adequações e melhorias que proporcionassem o aumento de produtividade necessário para atingir o *takt time* e, por conseguinte, à demanda dos clientes.

6.3.2 BALANCEAMENTO DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

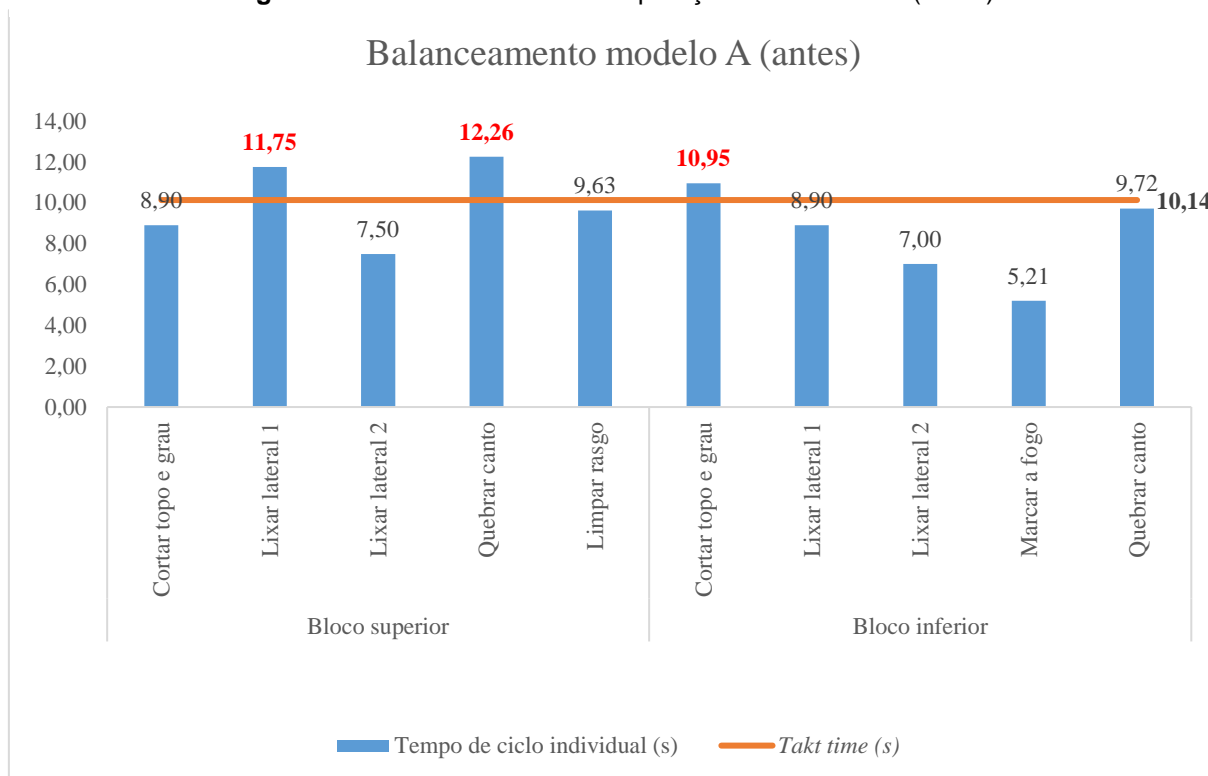
A ferramenta de balanceamento das linhas de produção auxilia na análise dos tempos e carga de trabalho utilizada nas operações, de forma a promover uma distribuição do trabalho da maneira mais homogênea possível. Para isto, é necessária a coleta dos tempos de cada operação, identificando seus gargalos e folgas e tratando as amplitudes de tempos por meio da proposição de melhorias o processo.

Neste estudo a ferramenta foi empregada nas células de fabricação dos blocos superior e inferior. Os tempos foram medidos em cada operação por cepo, sendo coletados por cronômetros na produção em dias e horários diferentes, de maneira que as variações pudessem ser observadas. Os tempos médios foram colocados em uma planilha e geraram gráficos para cada modelo antes e depois das melhorias apresentadas. Nas Figuras 17, 18 e 19 consta o balanceamento dos modelos A, B e C, respectivamente.

Observa-se no gráfico do modelo A que a operação de quebrar canto é a que leva mais tempo para ser executada na célula do bloco superior, com duração média de 12,26 segundos. A operação é mais longa devido o trabalho do operador em quebrar na tupia os quatro cantos que necessitam ter os raios laterais fresados, sendo feitos um de cada vez. No bloco inferior, a operação de cortar topo e grau é o

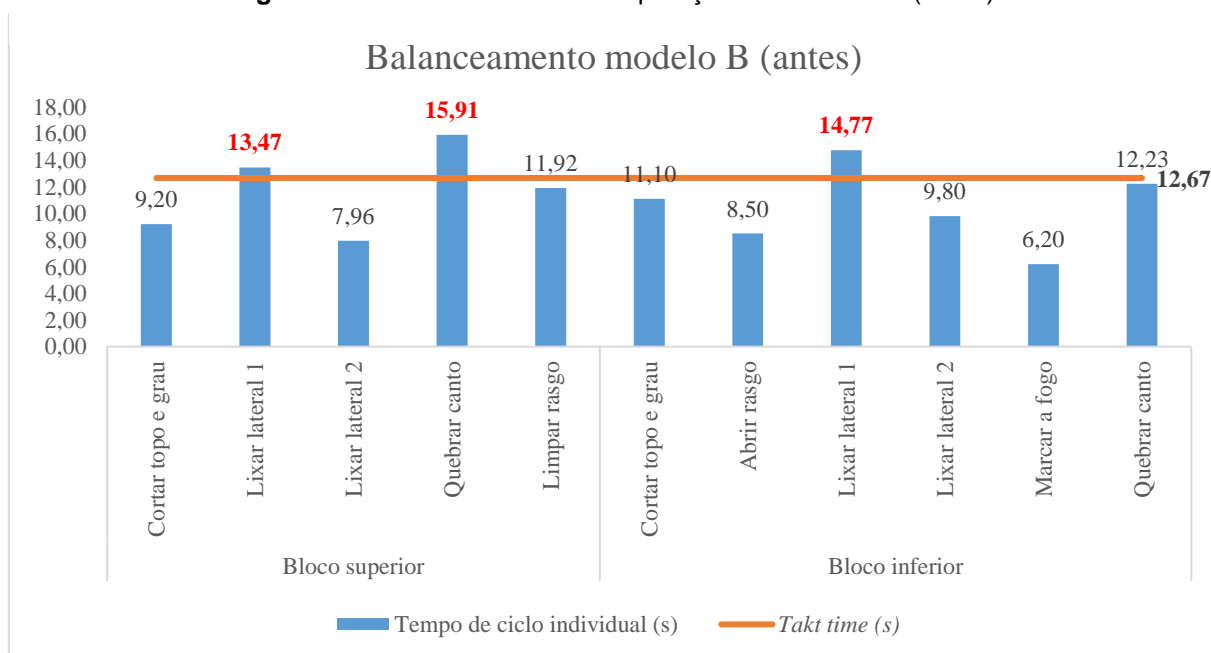
gargalo, com duração média de 10,95 segundos. Isso se deve aos três cortes feitos em cada bloco de apoio pelo operador.

Figura 17 – Balanceamento das operações do modelo A (antes)



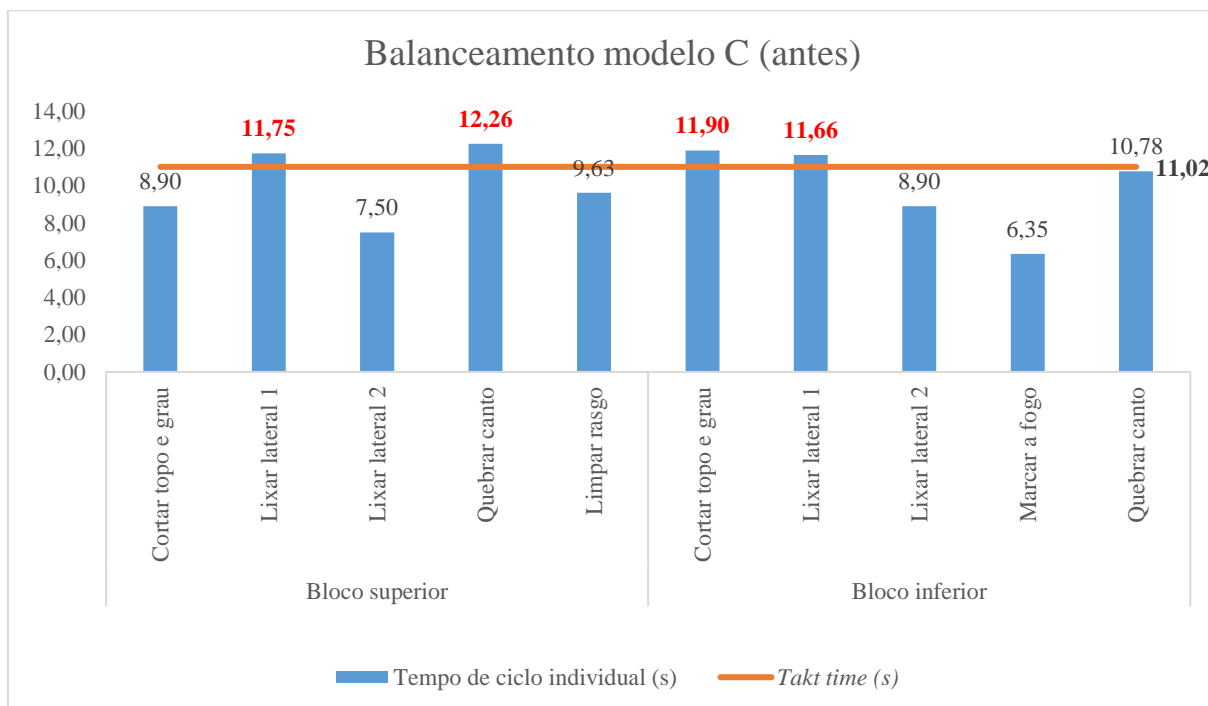
Fonte: Autor (2018)

Figura 18 – Balanceamento das operações do modelo B (antes)



Fonte: Autor (2018)

Figura 19 – Balanceamento das operações do modelo C (antes)



Fonte: Autor (2018)

Além disso, pode-se destacar a operação de lixar lateral 1 nos dois blocos, que também apresentam durações maiores que o *takt time*. Nesta operação, o funcionário lixa as quatro faces do sentido longitudinal dos blocos, uma por vez, em uma lixadeira vertical, para retirar as rebarbas que ficam após o processo de corte do bloco.

No bloco superior do modelo B, assim como em A, as operações de maior duração também foram a quebra do canto, sendo o gargalo com 15,91 segundos, e lixar lateral 1, com tempo de 13,47 segundos. Isto acontece devido à grande similaridade entre estes blocos nos dois cepos. Porém, quando analisamos o bloco inferior, podemos notar que a operação gargalo da célula é a de lixar lateral 1, com duração média de 14,77 segundos, e não cortar topo e grau, como no cepo A. O bloco inferior do modelo B possui mais superfícies para lixar em relação à A, logo demora mais tempo para ser feito.

Por fim, o cepo modelo C possui os mesmos gargalos presentes no modelo A, com diferenciação apenas nos tempos de ciclo das operações. No bloco superior, o gargalo e as demais operações são idênticos inclusive no tempo, pois é uma parte

comum entre os dois cepos. Contudo, no bloco inferior o processo de cortar topo e grau leva 11,90 segundos para ser concluído e, em segundo lugar, o processo de lixar lateral 1, com duração de 11,66 segundos.

Desta forma, sintetizando as operações de maior tempo de ciclo entre os três modelos, podemos destacar as seguintes:

- Quebrar canto;
- Lixar lateral 1;
- Cortar topo e grau do bloco inferior.

Em seguida foi realizado um levantamento de oportunidades de ganhos nestas operações para atingir o objetivo de conseguir produzir os cepos de acordo com seus respectivos *takt time's*.

Após o levantamento das melhorias feito pelos supervisores da fábrica, direção industrial, mecânicos de automação e pelo departamento de Planejamento e Controle da Produção, o grupo chegou a um consenso sobre as medidas que seriam adotadas no processo. Nos tópicos abaixo tem-se o detalhamento destes projetos.

a) Adequação da operação de quebra de canto:

O processo de quebra de cantos longitudinais tanto no bloco superior quanto no inferior era feito em máquinas tupias, onde o operador precisava posicionar cada canto de uma vez para que o raio fosse feito, de forma que era uma operação que dispndia muito trabalho repetitivo do homem, tornando-se um trabalho muito desgastante para o operador.

Sendo assim, o grupo de estudo analisou outra alternativa para realizar a operação e propôs que fosse feita na máquina moldureira, onde já são plainadas as quatro faces do bloco superior e inferior. Para isso foi necessário adquirir um jogo de ferramentas para habilitar a máquina a fazer os raios na peça. Deste modo, com a ferramenta acoplada na moldureira, esta tornou-se capaz de plainar e quebrar os cantos das quatro faces tanto do bloco superior, quanto do inferior, utilizando o

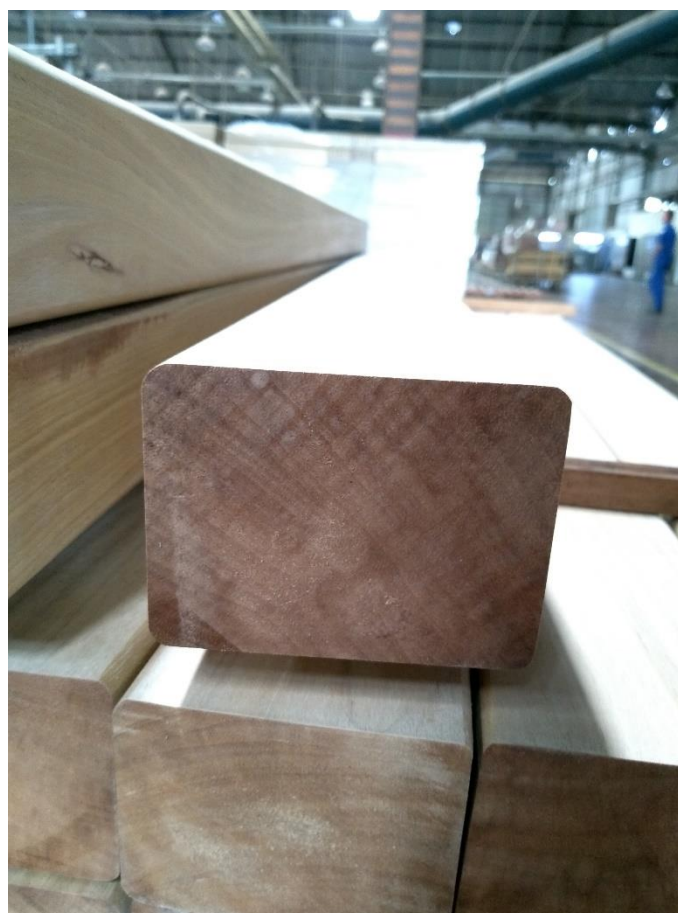
trabalho de um único operador (o que alimenta a moldureira). As Figuras de 20 a 22 ilustram o bloco feito antes e depois e a ferramenta comprada para quebrar canto.

Figura 20 – Bloco antes da compra da ferramenta



Fonte: Autor (2018)

Figura 21 – Bloco depois da compra da ferramenta



Fonte: Autor (2018)

Figura 22 – Ferramenta para quebra de canto na moldureira



Fonte: Autor (2018)

b) Remanejamento da operação de lixar lateral 1:

Esta etapa consiste no lixamento das quatro faces longitudinais dos blocos superior e inferior de todos os modelos e era feita de forma manual com um funcionário passando cada face de uma vez em uma lixadeira vertical, o que consumia razoável tempo de produção.

A solução encontrada pelo grupo para esta operação foi transferi-la para a lixadeira de quatro faces do setor de fabricação de móveis, pois possui linha de moldureira e lixadeira acoplados por esteira transportadora. O processo feito neste novo sistema tornou-se bem mais rápido que o feito manualmente, pois as quatro faces já saem lixadas da linha. Apesar deste ganho, a operação também precisa de um funcionário para realizá-la. Nas figuras 23 e 24 encontram-se as duas situações.

Figura 23 – Processo de lixar lateral 1 feito antes



Fonte: Autor (2018)

Figura 24 – Processo de lixar lateral 1 feito depois



Fonte: Autor (2018)

c) Alteração da máquina de cortar topo e grau:

Na etapa de corte do bloco inferior, o que se tinha antes do estudo era uma pequena máquina de corte em dois estágios, com acionamento do sistema de forma manual, isto é, o operador posicionava a tábua múltipla no gabarito e procedia ao primeiro corte. Em seguida, posicionava a peça em direção diagonal e acionava o mecanismo do segundo corte.

Para esta operação, a solução proposta foi recuperar e reformar uma máquina de corte múltiplo automática que estava sem uso na fábrica do setor de móveis. Foram adaptados dispositivos de alimentação da máquina, além da inclusão do movimento de corte em grau. Desta maneira, o bloco inferior já sai do sistema da máquina com os dois cortes feitos e o trabalho do funcionário passou a ser de alimentação e retirada de peças cortadas. Além disso, o corte ganhou mais precisão após esta adaptação. Nas figuras 25 e 26 as duas situações são mostradas.

Figura 25 – Processo de cortar topo e grau antes



Fonte: Autor (2018)

Figura 26 – Processo de cortar topo e grau depois



Fonte: Autor (2018)

d) Automação da operação de lixar lateral 2 e marcar a fogo:

Além das três oportunidades elencadas anteriormente, surgiu durante as discussões a possibilidade de uma quarta proposta: a automação do processo de lixar lateral 2 (lixar topo) e gravação da marca a fogo.

O lixamento dos topos era feito por um funcionário utilizando uma lixadeira vertical e a marcação feita por outro funcionário que dispunha de um marcador a fogo de acionamento manual.

Os mecânicos de automação propuseram unir as duas operações por meio de uma melhoria no método de lixar o topo, instalando um gabarito de alumínio próximo à lixadeira vertical, de modo que o operador apenas encaixasse o bloco inferior no mesmo e o movimentasse em direção a lixadeira. Depois de lixado, o operador alimenta o bloco inferior no processo de marcação, que por sua vez, possui sensores que identificam quando um bloco foi colocado no início do processo e realiza a marcação do que está abaixo do carimbo de gravação. Nas figuras de 27 a 29 são mostrados estes processos.

Figura 27 – Processo de lixar topo antes do estudo



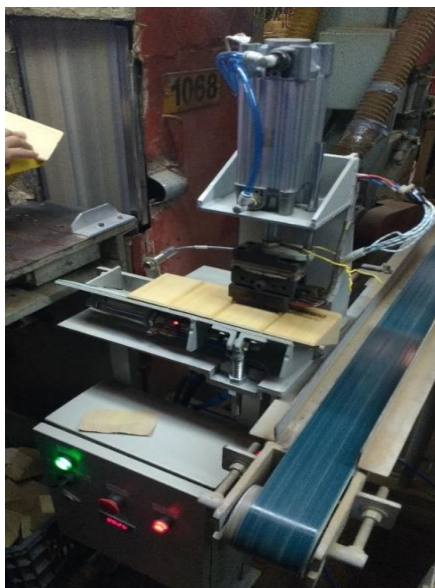
Fonte: Autor (2018)

Figura 28 – Processo marcar a fogo antes do estudo



Fonte: Autor (2018)

Figura 29 – Processo lixar topo e marcar a fogo depois do estudo

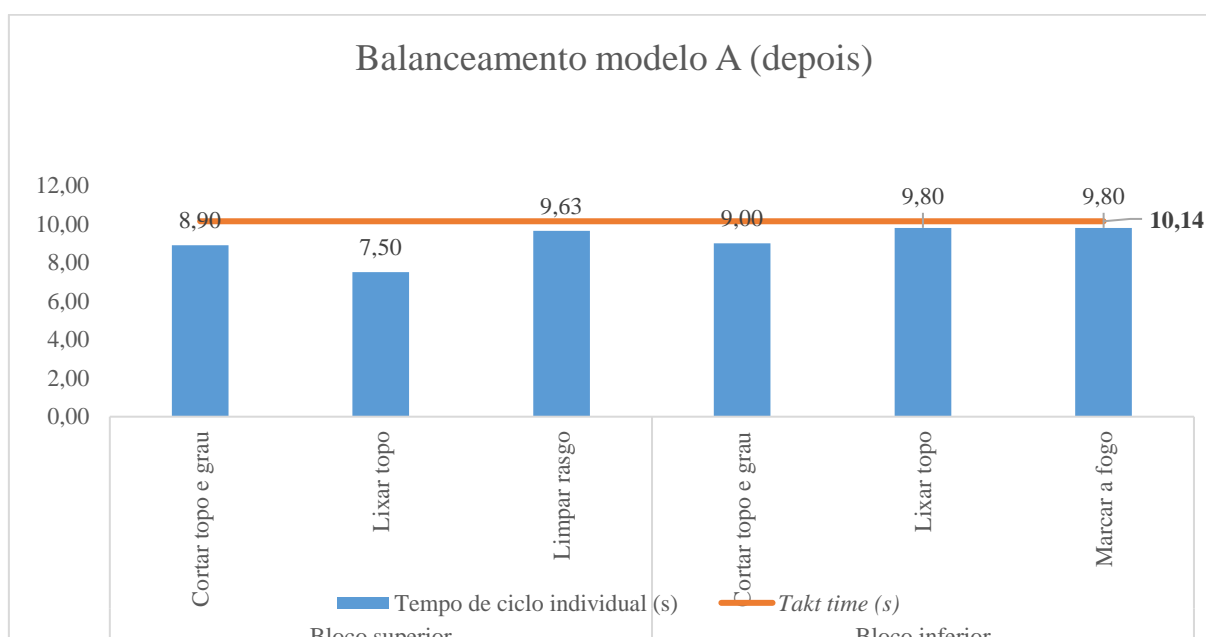


Fonte: Autor (2018)

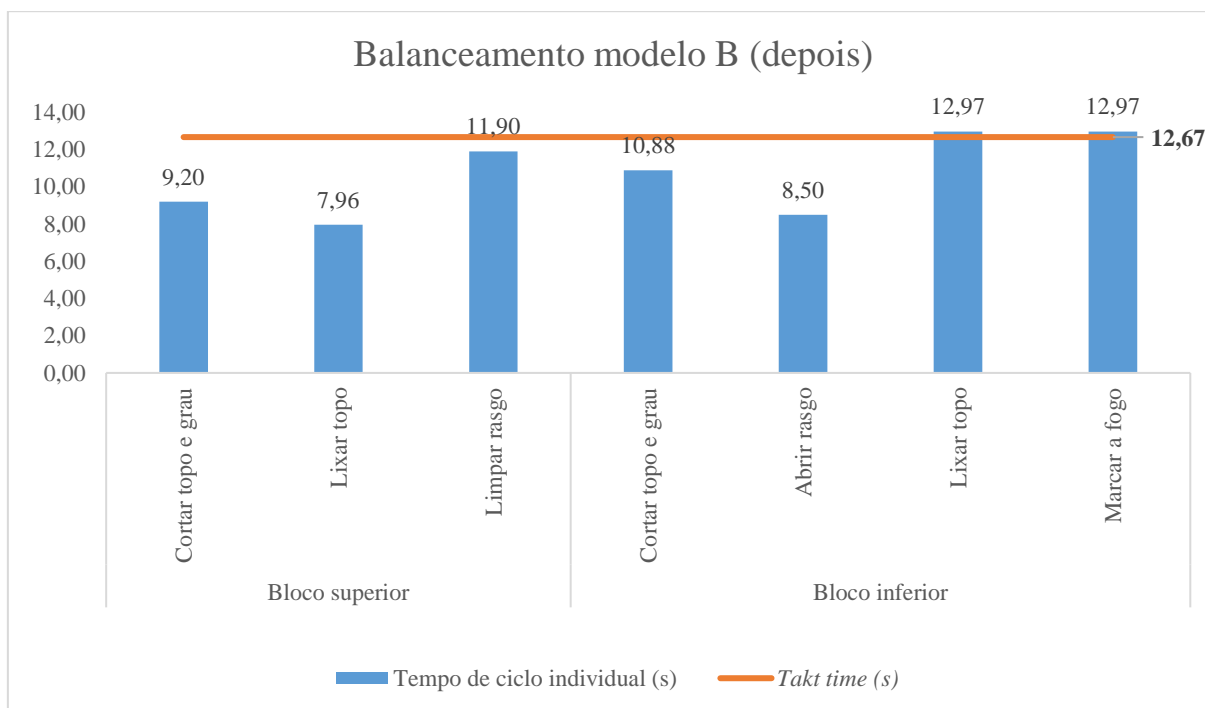
Após a implementação destas melhorias, os tempos de ciclo e as novas configurações das operações foram revisados para que os ganhos do trabalho fossem aferidos.

Desta forma, os novos tempos médios coletados foram inseridos em uma planilha e os gráficos foram recalculados para cada modelo. O que pode ser verificado nas Figuras de 30 a 32.

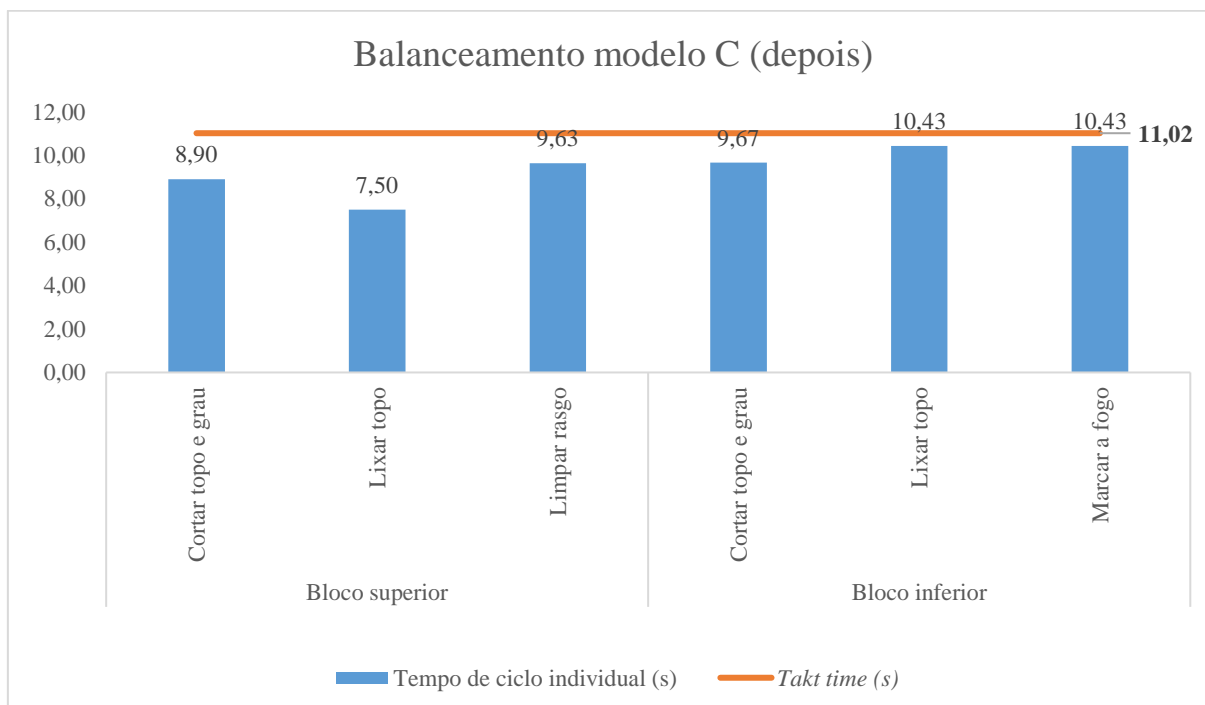
Figura 30 – Balanceamento das operações do modelo A (depois)



Fonte: Autor (2018)

Figura 31 – Balanceamento das operações do modelo B (depois)

Fonte: Autor (2018)

Figura 32 – Balanceamento das operações do modelo C (depois)

Fonte: Autor (2018)

No modelo A, com a adequação da operação de quebra de canto para outro processo, a operação limpar rasgo tornou-se o gargalo, com duração média de 9,63 segundos. Esta operação consiste em limpar entre os rasgos do bloco as rebarbas do

processo e restos de cola que ficaram do processo de colagem do bloco superior. No bloco inferior, o novo gargalo se tornou a operação lixar topo e marcar a fogo, que foi automatizada, ficando com duração média de 9,80 segundos.

Já no modelo B, assim como em A, o gargalo passou a ser o processo de limpar rasgo, com 11,90 segundos de duração. No bloco inferior, as operações de lixar topo e marcar a fogo tornaram-se o novo gargalo, com duração média de 12,97 segundos.

No cepo modelo C, como o bloco superior é igual ao do modelo A, o gargalo se repetiu. Porém, no bloco inferior, as operações de lixar topo e marcar a fogo são os novos gargalos, com duração média de 10,43 segundos.

Com os resultados desta etapa, os parâmetros do processo puderam ser recalculados e, com isso, os ganhos com as práticas *lean* adotadas puderam ser mensurados.

6.4 PARÂMETROS DO PROCESSO DEPOIS DO ESTUDO

6.4.1 FLUXO DE PRODUÇÃO

Após as modificações implementadas pelas práticas *lean*, os parâmetros do processo foram novamente mensurados para que fossem consolidadas as melhorias e analisados os ganhos. Desta forma, neste tópico serão exibidas as alterações de fluxo de produção para cada modelo. Nas Figuras 33 a 35 constam os novos fluxos podem ser verificados.

Figura 33 – Fluxo do processo do bloco superior para os três modelos selecionados (depois)



Fonte: Autor (2018)

Como visto anteriormente, a implementação das práticas *lean* no processo trouxeram modificações na linha de produção.

A operação de quebrar canto foi removida da célula e agrupada na operação de fresar 4 lados na moldureira e a operação de lixar lado 1 foi transferida da célula do bloco superior para a linha de moldureira, dada a lixadeira de quatro lados já existente no setor de móveis. Apesar da alteração, a operação continua necessitando de um funcionário para retirar as peças da máquina. Deste modo, na célula restaram as operações de cortar topo e grau, lixar topo e limpar rasgo, sendo cada processo feito por um funcionário e aplicando-se aos blocos superiores dos três modelos analisados por este estudo.

Figura 34 – Fluxo do processo do bloco inferior para os modelos A e C (depois)



Fonte: Autor (2018)

Figura 35 – Fluxo do processo do bloco inferior para o modelo B



Fonte: Autor (2018)

Em relação ao bloco inferior, a operação cortar topo e grau foi alterada da serra circular manual para a máquina de corte automática, que dispõe de serras móveis para fazer os dois cortes no mesmo ciclo. Desta forma, o trabalho do operador passou a ser o abastecimento da máquina e a retirada das peças cortadas. Assim como no bloco superior, a operação de quebrar canto passou a ser feita na moldureira. Por fim, as operações de lixar topo e marcar a fogo passaram a ser feitas por um único operador devido a automatização do processo, onde o funcionário realiza o lixamento dos topos e depois alimenta o gabarito de marcação, que por sua vez, é acionada por meio de sensores acoplados na máquina.

Ao somar a quantidade de funcionários das operações do bloco superior e inferior dos três modelos, temos 9 para os modelos A e C e 10 para B.

Os processos foram revisados e compilados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo das operações de produção de cepos após ações implementadas

Item	Operação	Descrição	Qtde de Func.	Cepo onde é feito	Tipo de máquina
Bloco superior	Colar blocos	Colagem das partes do bloco superior (base e tampa).	2	A, B e C.	Coladeira hidráulica.
	Fresar 4 lados	Operação de aplainamento das faces superior e inferior e laterais, para alinhar as medidas e corrigir imperfeições deixadas o processo de colagem.	1	A, B e C.	Moldureira
	Lixar 4 lados	Operação complementar a anterior, com a função de lixar as faces que foram aplainadas.	1	A, B e C.	Lixadeira de 4 lados
	Cortar topo e grau	Cortar o bloco aplainado na medida final do produto.	1	A, B e C.	Serra circular
	Lixar topo	Lixar os topos do bloco.	1	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Limpar rasgo	Operação de acabamento em que o funcionário retira o excesso de cola entre os rasgos em que as facas serão colocadas.	1	A, B e C.	Operação manual
Bloco inferior	Cortar topo e grau	Cortar o bloco de apoio para que fique no formato exigido pelo desenho (triangular).	1	A, B e C.	Serra circular
	Abrir rasgo	Operação de abertura de um rasgo para encaixar a tesoura que o cliente vende junto com o cepo.	1	B.	Serra circular
	Lixar topo	Lixar a face inferior, a qual passou a existir após o corte da serra circular.	0,5	A, B e C.	Lixadeira vertical
	Marcar a fogo	Operação de gravação a fogo da marca da empresa no cepo.	0,5	A, B e C.	Marcador automático a fogo
Total			10	-	-

Fonte: Autor (2018)

6.4.2 PRODUTIVIDADE

Após a adoção das práticas *lean* na célula de cepos, as informações dos tempos precisaram mais uma vez serem levantadas, a fim de conhecer que impactos as melhorias causaram na produtividade. Nesse sentido, as tabelas de cada modelo foram atualizadas. Na Tabela 12 consta os dados de produtividade do modelo A.

Tabela 12 – Produtividade modelo A (depois)

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	295
	Fresar 4 lados	850
	Lixar 4 lados	850
	Cortar topo e grau	299
	Lixar topo	299
	Limpar rasgo	299
Bloco inferior	Cortar topo e grau	294
	Lixar topo	294
	Marcar a fogo	294

Fonte: Autor (2018)

Como explicado anteriormente, as operações de colar blocos e fresar 4 lados são feitas em postos de trabalho que não estão nas mesmas células que as demais operações, apesar de estarem próximos. Pode-se notar que a operação de lixar 4 lados foi adicionada logo após a de fresar 4 lados.

Observa-se que as operações do bloco superior passaram a produzir 299 peças por hora, o que representa 2.631 unidades produzidas por dia. O maior tempo dentre elas passou a ser a operação de limpar rasgo, que dura 9,63 segundos, sendo assim o gargalo da célula. No bloco inferior, a produção da célula é de 294 unidades por hora, ou seja, 2.587 unidades por dia. Neste caso, o gargalo passou a ser a operação de lixar topo e marcar a fogo, com tempo de 9,80 segundos.

A célula do bloco superior passou a produzir 242 peças por hora, vide Tabela 13, o que significa 2.130 peças por dia. O maior tempo, assim como no cepo A, é executar a operação de limpar rasgo, que dura 11,90 segundos. No bloco inferior, a produção da célula ficou em 222 unidades por hora, equivalente a 1.954 unidades por dia. O gargalo desta etapa se tornou a operação de lixar topo e marcar a fogo, com 12,97 segundos de duração.

Tabela 13 – Produtividade modelo B (depois)

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	245
	Fresar 4 lados	778
	Lixar 4 lados	778
	Cortar topo e grau	242
	Lixar topo	242
	Limpar rasgo	242
Bloco inferior	Cortar topo e grau	222
	Abrir rasgo	222
	Lixar topo	222
	Marcar a fogo	222

Fonte: Autor (2018)

Como os blocos superiores dos modelos A e C são iguais, a produtividade do modelo C é também de 299 unidades por hora e 2.631 por dia e o gargalo é limpar rasgo com 9,63 segundos de duração. Já no bloco inferior, a produção da célula ficou em 276 unidades por hora, 2.429 por dia, sendo que o gargalo é a operação de lixar topo e marcar a fogo, com tempo de 10,43 segundos.

Tabela 14 – Produtividade modelo C (depois)

Item	Operação	Qtde pçs/hora
Bloco superior	Colar blocos	295
	Fresar 4 lados	850
	Lixar 4 lados	850
	Cortar topo e grau	299
	Lixar topo	299
	Limpar rasgo	299
Bloco inferior	Cortar topo e grau	276
	Lixar topo	276
	Marcar a fogo	276

Fonte: Autor (2018)

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico serão discutidos os impactos das ações implementadas nos indicadores e parâmetros do processo, de forma que sejam medidos os ganhos em cada etapa.

O conjunto de ações desenvolvidas na empresa teve grande aceitação dos supervisores e líderes mais próximos do processo, que por sua vez, se mostraram receptivos a novas análises de possíveis melhorias no que já foi implantado, bem como abriu possibilidades de novos estudos em outras células.

A análise dos resultados foi dividida em alguns pontos para melhor compreensão. São eles: fluxo de produção e realocação de mão de obra; ganhos de produtividade; e *takt time* e balanceamento.

a) Fluxo de produção e realocação de mão de obra:

Durante as análises dos processos realizados, foram identificadas oportunidades de agrupamentos ou eliminação de operações. Pode-se destacar três grupos de operações que sofreram modificações e seus ganhos de processo podem ser conferidos na Tabela 15.

Tabela 15 – Comparativo antes e depois do fluxo de produção

Operação	Ganho em mão de obra direta	O que foi feito	Vantagens	Desvantagens
Lixar lateral 1	1	A operação saiu da célula de blocos superior e inferior e foi transferida para a lixadeira que fica na linha de moldureira do setor de móveis.	-Redução de um funcionário direto do processo; -Maior capacidade de produção, que permite lixar o material do bloco superior e inferior; -Maior precisão.	-Formação de estoque após lixar; -Aumento de distância para operações subsequentes.
Quebrar canto	2	O processo de quebra de cantos foi integralmente agregado a operação de fresar 4 lados na linha de moldureira, após a compra da ferramenta para usinagem.	-Ganho de dois funcionários diretos; -Cantos quebrados com mais precisão na máquina.	-Gastos com afiação e troca de ferramentas.
Marcar a fogo (bloco inferior)	1	A operação foi automatizada com dispositivos e sensores que executam a marcação.	-As atividades do operador são somente lixar os topos e abastecer a marcação a fogo.	-Gastos de manutenção de sensores e dispositivos maior que o de manutenção da marcadora a fogo.

Fonte: Autor (2018)

Ao analisar a tabela anterior é possível verificar que a adoção das práticas *lean* nas células de produção resultaram no ganho de 4 funcionários diretos, sendo 1 na operação de lixar lateral 1, 2 na de quebrar canto e 1 na marcação a fogo.

Os ganhos aqui devem ser entendidos como mão de obra direta que deixou de ser necessária àqueles processos. Contudo, vale ressaltar que o processo de melhoria não gerou demissões na empresa. O que ocorreu foi o remanejamento destes funcionários para outras tarefas dentro do mesmo setor ou não.

O funcionário do processo de lixar lateral 1 continuou trabalhando na produção de cepos, porém como ajudante no processo de embalagem. Os funcionários que executavam a operação de quebrar canto foram transferidos para o setor de desdobramento de matéria prima, pois foi adicionado novo turno de produção e houve necessidade de mais operadores. Por fim, o funcionário da operação de marcar a fogo foi remanejado para o setor de móveis para fazer parte de uma célula de embalagem de cadeiras.

É importante ressaltar que o fato de haver redução da quantidade de funcionários de determinado processo é consequência da análise da distribuição de tarefas e postos de trabalho, isto é, a otimização da mão de obra necessária para desempenhar as tarefas de forma adequada, de maneira que a alocação dos funcionários favoreça a balanceamento da produção.

b) Ganhos de produtividade

A produtividade foi onde as melhorias puderam ser melhor verificadas. Deste modo, foi elaborado um quadro comparativo da produtividade antes e depois das práticas *lean* adotadas, conforme observa-se na Tabela 16.

Tabela 16 – Comparativo antes e depois da produtividade

Modelo	Célula	Produtividade antes (pçs/hora)	Produtividade depois (pçs/hora)	Ganho
A	Bloco superior	235	299	27%
	Bloco inferior	263	294	12%
	Média	249	297	20%
B	Bloco superior	181	242	34%
	Bloco inferior	195	222	14%
	Média	188	232	24%

C	Bloco superior	235	299	27%
	Bloco inferior	242	276	14%
	Média	239	288	21%

Fonte: Autor (2018)

Conforme mostrado na Tabela 16, as ações promovidas no sentido de melhorar a produção das células tiveram resultados bastante expressivos. Na média, a produtividade dos três modelos aumentou 21,7%. Quando olhamos para os resultados individuais, o modelo B destaca-se com 24% de aumento de produtividade, seguido pelo C, com 21% de aumento. Em terceiro lugar, o modelo A aumentou a produtividade em 20%.

Se dividirmos os produtos em bloco superior e inferior, podemos perceber que a produtividade do bloco superior aumentou, em média, 29% e a do inferior aumentou, em média, 13%. Essa diferença se explica devido às operações melhoradas no bloco superior terem maior tempo de ciclo em relação às do bloco inferior, isto é, os maiores gargalos estavam em processos do bloco superior, fazendo o impacto das melhorias ser maior.

c) Takt time e balanceamento

Outro ponto de relevante de análise é verificar de que forma as melhorias afetaram os tempos considerados gargalos do processo, bem como se foram suficientes para atingir o *takt time* desejado.

A Tabela 17 mostra as relações entre esses parâmetros.

Tabela 17 – Comparativo antes e depois da *takt time* e balanceamento

Modelo	Gargalo antes (s)	Gargalo depois (s)	Diferença depois/antes (%)	Takt time (s)	Diferença depois/takt time (%)
A	12,26	9,80	-20,07%	10,14	-3,37%
B	15,91	12,97	-18,47%	12,67	2,38%
C	12,26	10,43	-14,86%	11,02	-5,30%
Média	13,47	11,07	-17,86%	11,28	-1,85%

Fonte: Autor (2018)

Os impactos das melhorias realizadas foram bastante relevantes quando analisamos a redução dos tempos gargalos do processo. Na média, o tempo de ciclo

de um cepo dentre os modelos foi reduzido em 17,86%, sendo que o modelo A obteve a melhor performance dentre os três itens, com melhoria de 20,07%, seguido pelo modelo B, com diminuição de 18,47%, e por fim o modelo C, com 14,86%.

Quando analisamos o novo comportamento dos tempos com o *takt time* calculado, podemos perceber que as ações realizadas foram suficientes para que a produção conseguisse atender às demandas dos clientes, ou seja, os novos tempos são muito próximos do desejado no *takt time*.

Na prática, a diferença entre o tempo da linha depois e o *takt time* foi de 1,85%, onde o desejado era 11,28 segundos e o atingido foi de 11,07 segundos. Vale ressaltar que os tempos coletados foram médias de períodos determinados e que durante o dia de trabalho podem variar para mais ou menos. Isto significa dizer que a produção não conseguirá atingir o *takt time* com precisão de 100%. Porém, os valores encontrados habilitam afirmar que as demandas do cliente podem ser atendidas na quantidade e tempo certos.

7 CONCLUSÃO

As práticas difundidas pelo *Lean Manufacturing* são mundialmente conhecidas e seus resultados podem ser comprovados com inúmeros estudos já realizados e disponíveis nas bases de conhecimento. Quando se pensa em aplicações no ambiente industrial, o *lean* se torna ainda mais emblemático, haja vista que é o berço de seu nascimento, pois proporciona meios e ferramentas capazes de atuar na identificação, levantamento, análise e ação sobre os problemas fabris. Mais do que isso, o *lean* é uma filosofia capaz de orientar os princípios e decisões de uma organização.

A empresa onde aplicou-se este estudo é parte de um segmento industrial cada vez mais pressionado por legislações ambientais e políticas de governo, que intensificam a cada ano as restrições para a atividade. Por isso, a gestão industrial precisou munir-se de capacidade de elevar o desempenho da produção para melhorar sua competitividade. Enquanto isso, a força do mercado onde estão os clientes

desejava produtos com melhor custo, entregues de forma mais rápida e sem perder a qualidade.

No setor de cepos surgiu a necessidade provocada pelo mercado de melhorar atender pedidos maiores de forma mais rápida e, para isso acontecer, era preciso analisar os processos de produção e buscar a otimização dos recursos disponíveis.

A partir disso, foi realizado um trabalho em conjunto com as lideranças da fábrica onde foram identificadas oportunidades de melhoria e estas foram postas em prática para que os problemas fossem solucionados. Os parâmetros de produção foram medidos antes e depois das melhorias realizadas.

Como resultado do trabalho foi identificado aumento de produtividade das células estudadas em cerca de 21%, além da adequação de máquinas e equipamentos de produção e uma melhor organização das tarefas e postos de trabalho que resultou na eliminação de algumas operações e remanejamento da mão de obra direta para outras atividades e setores.

Além disso, houve redução de gargalos de produção, onde os tempos reduziram, em média, 17,86%, atingindo o que era necessário pelo cálculo do *takt time*.

Desta forma, permite-se concluir que o trabalho conseguiu atingir seu objetivo de analisar as práticas *lean* adotadas no processo e de que forma isso impactou nos parâmetros da linha de produção, além de responder ao problema de pesquisa que era entender se a adoção de tais práticas poderia melhorar o desempenho de uma linha de produção.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no que foi apresentado e pensando na continuidade do trabalho de implementação de mais práticas *lean* no processo, a sugestão é aplicar estudo semelhante nos processos de acabamento, polimento e embalagem final no setor de cepos de madeira.

Além disso, propõe-se estudar os demais processos da empresa, principalmente outras células de produção onde seja possível aplicar as mesmas ferramentas ou outras que possam ajudar a obter ganhos expressivos, como o deste trabalho, tais como: *Value Stream Mapping (VSM)*, *kaizen*, 5S, dentre outras.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. F. et al. Development of an intelligent and automated system for lean industrial production, adding maximum productivity and efficiency in the production process. **Advances in Manufacturing**: Lectures notes in Mechanical Engineering, Poznan, v. 1, n. 10 , p. 131-140, 2018.

CASTRO, D. R. C.; SOUZA, V. F. **O Lean Manufacturing em um ambiente de caráter Engineer To Order**: uma aplicação prática do método PDCA. 2014. 95f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade do Estado do Pará, Castanhal, 2014.

CHEN, J. C. et al. Productivity Improvement with Lean Production in Glove Manufacturing Industry. **Key Engineering Materials**, Guangxi, v. 450, n. 4, p. 247-250, 2011.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Competitividade Brasil 2017-2018**: Comparação com países selecionados. Brasília: CNI, 2018.

DAL, V.; AKÇAGÜN, E.; YILMAZ, A. Using lean manufacturing techniques to improve production efficiency in the ready wear industry and a case study. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, Istanbul, v. 100, n. 7, p. 16-22, 2013.

DIAH, H. et al. Productivity improvement in the production line with lean manufacturing approach: case study PT. XYZ. **MATEC Web of Conferences**, Yogyakarta, v. 154, 2018.

ESPINOZA, O.; BUEHLMANN, U.; FRICKE, C. Lean transformation efforts of the wood industry in Virginia. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, Blacksburg, n. 5, p. 249-253, 2014.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de Autopeças**. 2004. 178f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – ECA, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

GARRE, P. et al. Applying lean in aerospace manufacturing. **Materials Today: Proceedings**, Hyderabad, v. 4, n. 8, p. 8439-8446, 2017.

GUIMARÃES, L. S. et al. **Lean Manufacturing na indústria de componentes de refrigeração**. In: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014, Curitiba. Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: ABEPRO, 2014.

HORBAL, R.; KAGAN, R.; KOCH, T. Implementing lean manufacturing in high-mix production environment. **IFIP International Federation for Information Processing**, Wroclaw, v. 257, n. 11, p. 257-267, 2008.

MARIFA, P. C. et al. Production waste analysis using value stream mapping and waste assessment model in a handwritten batik industry. **MATEC Web of Conferences**, Yogyakarta, v. 154, 2018.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

NALLUSAMY S.; SARAVANAN V. Lean tools execution in a small scale manufacturing industry for productivity improvement- a case study. **Indian Journal of Science and Technology**, Tamil Nadu, v. 9, n. 7, 2016.

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

PANWAR, A. et al. The impact of lean practices on operational performance: an empirical investigation of Indian process industries. **Production Planning and Control**, Jaipur, v. 29, n. 12, p. 158-169, 2018.

PAOLI, F. M. et al. **Conceitos de manufatura enxuta aplicados a um processo de usinagem de peças de grande porte: um estudo de caso**. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013, Salvador. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador: ABEPRO, 2013.

PIMENTEL C.; MARTINS S. Design and implementation of a manufacturing cell in a job shop environment: an action research study. **Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Systems Management**, Aveiro, n. 10, p. 398-407, 2016.

RAO G.V.P.; NALLUSAMY S.; RAJARAM NARAYANAN M. Augmentation of production level using different lean approaches in medium scale manufacturing industries. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, Tamil Nadu, v. 8, p. 13, p. 360-372, 2017.

SEBRAE. **Saiba como eliminar desperdícios e aumentar a produtividade da empresa**. 2017. Disponível em: <<http://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-como-eliminar-desperdicios-e-aumentar-a-produtividade-da-empresa>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SUGANTHINI R. R.; PERIYASAMY P.; NALLUSAMY S. Lean tools implementation for lead time reduction in CNC shop floor of an automotive component manufacturing industry. **Indian Journal of Science and Technology**, Tamil Nadu, v. 9, n. 6, 2016.

VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. **Produção na Amazônia Florestal**: características, desafios e oportunidades. Brasília: 2014.

VIEIRA, L. F. S. **Aplicação de Lean Manufacturing na linha produtiva da Fedima Tyres**. 2010. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**: banish waste and create wealth in your organization. New York: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Macmillan, 1990.

ZACARIA, N. H. et al. Lean manufacturing implementation in reducing waste for electronic assembly line. **MATEC Web of Conferences**, Pahang, v. 90, 2016.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção
Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626 - Marco
CEP: 66095-100 Belém - PA
www.uepa.br