

**Restruturação de layout para melhoria do fluxo de produção em uma
indústria de eletrônicos**

David Alexandre Dantas Moura

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

e-mail: davidalexandre08@hotmail.com

Emerson Cleister Lima Muniz

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

e-mail: eng.prod.emerson@gmail.com

* RECEBIDO em 31/06/2023. ACEITO em 02/12/2023.

Resumo

A pandemia gerou diversos efeitos nos setores da economia, dentre eles, a indústria de transformação foi uma das mais afetadas. Especialmente pela falta contínua de insumos provenientes do oriente, longo tempo de paralisação e isolamento social, fazendo-o buscar meios para reduzir custos e melhorar processos visando garantia de competitividade. Assim, a pesquisa objetiva melhorar fluxo de produção de uma indústria de eletrônicos via reestruturação de seu *layout* para reduzir desperdícios na ótica da *Lean Manufacturing*, realizando estudo de caso usando elementos do *layout* celular e cronoanálise para analisar e propor mudanças no arranjo. Como principais resultados, criou-se uma célula piloto para verificação de propostas apontadas, constatando obtenção de melhorias no fluxo produtivo, como redução do tempo padrão em 17,7%, associado à redução de desperdícios com movimentações graças a eliminação de 04 operações, representando redução de 22,2% no número total. No mais, destaca-se ganhos intangíveis, a citar melhor otimização do espaço físico da planta, maior conhecimento dos processos e operações, dentre outras.

Palavras-chave: Fluxo de Produção; Desperdícios; Movimentação; Cronoanálise; Indústria de eletrônicos.

Abstract

The pandemic had several effects on sectors of the economy, among which the manufacturing industry was one of the most affected. Especially due to the continuous lack of inputs from the East, long downtime, and social isolation, making it look for ways to reduce costs and improve processes to ensure competitiveness. Thus, the research aims to improve the production flow of an electronics industry by restructuring its layout to reduce waste from the perspective of Lean Manufacturing, carrying out a case study using elements of the cellular layout and chronoanalysis to analyze and propose changes in the arrangement. As main results, a pilot cell was created to verify the proposed proposals, noting improvements in the production flow, such as a reduction in standard time by 17.7%, associated with the reduction of waste with movements thanks to the elimination of 04 operations, representing 22.2% reduction in the total number. Furthermore, intangible gains stand out, such as better optimization of the plant's physical space, greater knowledge of processes and operations, among others.

Keywords: Production Flow; Waste; Movement; Chronoanalysis; Electronics industry.

1. Introdução.

Com a evolução contínua da tecnologia, dos processos produtivos e da competitividade, a indústria manufatureira passou a demandar novas ferramentas e técnicas para sua produção. Especialmente a indústria de transformação, foco deste estudo, que prioriza o uso de novas ferramentas e técnicas para entregar produtos cada vez mais rápido ao mercado, com menor custo possível e alta qualidade (SAHU, MANORIA e TRIPATHY, 2021).

No Brasil, de acordo com dados de 2013 a 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), a produção da indústria de transformação teve redução acumulada de 16%. Algo ainda mais agravado com a pandemia da Covid-19, em 2020, que segundo dados do Diário do Comércio (2020), travou praticamente toda a produção dessa indústria de transformação, que ficou parada praticamente entre os meses de abril a agosto de 2020, período de pico da pandemia.

Em 2021, a produção dela no país caiu 42,5%, principalmente pela falta de matérias-primas provenientes do Oriente, elevando seus custos de produção (FGV IBRE, 2022). Sendo isto confirmado por pesquisa do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV IBRE) (2022), em que 75,0% das empresas analisadas afirmam que a falta de matéria-prima foi o principal motivo de parada da produção. Justamente pelo fato de a indústria brasileira ser muito dependente de fornecedores asiáticos (MARCATO *et al.*, 2020). Em adição, lista-se também o aumento do preço do dólar (ABINEE, 2021).

Frente a isto, é crucial que esta indústria busque maneiras para aprimorar continuamente seus indicadores produtivos, reduzindo atividades e processos que não agreguem valor aos produtos, pois boa parte de seus custos advém de fatores fora do seu controle. Com isso, é cabível à gestão da empresa aperfeiçoar sua produção buscando a melhoria desses descontroles de processo. Aplicando elementos relacionados a engenharia de métodos e *layout* fabril, é possível reduzir os desperdícios existentes, previamente identificados por meio da ótica da *Lean Manufacturing*.

Neste contexto, a literatura da *Lean Manufacturing*, especialmente por meio de Ohno (1997), destaca a necessidade de se olhar para o ambiente interno da empresa, especialmente sua linha de produção. Onde se prioriza o combate e eliminação dos oito principais desperdícios existentes na produção, produzindo apenas aquilo que é necessário (DOS SANTOS, 2021).

Ao unir estas afirmações à realidade da indústria eletrônica, constata-se que os processos industriais estão convergindo com os conceitos citados por Taichii Ohno (1997), especialmente aqueles que buscam reduzir impactos das perdas produtivas. Assim, a aplicação desses conhecimentos citados, nos setores operacionais da indústria eletrônica do Brasil, se faz necessário. Dessa maneira, há a possibilidade de melhorar o desempenho geral dos processos complexos mediante desenvolvimento e adoção das melhores práticas e métodos inovadores dentre vários setores. De modo a alcançar não apenas resultados de alta produtividade, mas também um desempenho adequado de custo e tempo (ROSSI; TERZI, 2017).

Frente toda argumentação, a pesquisa busca responder “*como melhorar o fluxo de produção em uma fábrica de eletrônicos visando reduzir seus desperdícios?*”. Para isto, realiza um estudo de caso em uma indústria de eletrônicos para melhorar o processo produtivo pela aplicação elementos de *Layout* Fabril e Engenharia de Métodos.

2. Revisão de literatura.

Nesta seção são abordados conceitos da *Lean Manufacturing*, seus desperdícios e elementos de *Layout* Fabril e Engenharia de Métodos.

2.1. Desperdícios e seus efeitos.

Womack, Jones e Roos (1990) introduziram a *Lean Manufacturing* (LM) como uma nova forma de fabricar, baseado nos conceitos aprendidos pelo Sistema Toyota de Produção (STP). Embasada nas discussões de Ohno (1997), ela busca reduzir desperdícios em linhas de produção mediante eliminação dos processos que não agregam valor aos produtos (DOS SANTOS, 2021). Sete são os principais desperdícios dos processos produtivos, expostos no Quadro 1, que traz um resumo deles e suas características, além do oitavo desperdício.

Quadro 1 – Lista de desperdícios no LM.

Desperdício	Impactos da não-redução	Benefícios da redução
Superprodução	-Excesso de estoques; -Aumento do esforço físico dos colaboradores; -Maior utilização do maquinário; -Aumento de outros desperdícios.	-Ampliação do mix de produtos; -Rotatividade de mão-de-obra intersetor; -Redução de custos de manutenção; -Mitigação dos desperdícios subsequentes.
Estoque	-Aumento da utilização do espaço físico; -Risco de desvalorização de produto por falta de venda; -Aumento do capital de giro -Aumento de demissões;	-Otimização do <i>layout</i> fabril; -Melhoramento da produção enxuta (venda direta sob demanda); -Redução do capital de giro; -Facilitação do controle de <i>headcount</i> .
Movimentações	-Aumento do desgaste físico dos colaboradores; -Risco ergonômico;	-Redução do <i>lead time</i> ; -Aumento da capacidade produtiva;

	-Aumento do tempo-padrão; -Redução da capacidade produtiva.	-Redução do risco de lesões dos colaboradores.
Transporte	-Aumento do <i>lead time</i> ; -Aumento do tempo-padrão.	-Melhor utilização do espaço produtivo; -Aumento da capacidade produtiva; Redução do <i>lead time</i> .
Espera	-Aumento do tempo de ociosidade; -Aumento do tempo-padrão.	-Melhor uso da capacidade produtiva do colaborador; -Aumento da capacidade produtiva; Redução do <i>lead time</i> .
Superprocessamento	-Não atendimento do prazo de entrega; -Redução do nível de serviço -Aumento do <i>lead time</i> ; -Aumento do tempo-padrão.	-Garantia do nível de serviço; -Aumento da satisfação do cliente; -Aumento da capacidade produtiva.
Defeitos	-Aumento de retrabalho; -Aumento do sucateamento -Perda de clientes.	-Redução de devolução de produtos; -Aumento da satisfação do cliente; -Redução do pagamento de horas-extras.
Intelectual	-Maior desmotivação de colaboradores; -Perda de tempo em tomadas de decisão; -Desvalorização do capital intelectual	-Desenvolvimento da melhoria contínua; -Facilitação na implementação de novas ideias e projetos; -Evolução do clima organizacional.

Fonte: Ohno (1997); Brito *et al.* (2020); Paiva *et al.* (2020) e Sahu, Manoria e Tripathy (2021).

Recentemente, a literatura trouxe um novo desperdício, o oitavo, relacionado ao recurso intelectual, ocorrendo quando há falta de reconhecimento, participação, ideias, motivação, liderança e/ou objetivos das pessoas. O que gera perda de tempo, oportunidades de melhoria e aprendizagem dos colaboradores, devido ao pouco envolvimento deles nas tomadas de decisão (BRITO *et al.*, 2020). Em complemento, Ahmed e Chowdhury (2018) e Paiva *et al.* (2020) o descrevem como a não utilização de talentos, habilidade e conhecimentos dos colaboradores.

Visto que, em uma linha de produção estão presentes desperdícios relacionados a movimentações em excesso, uma das mudanças que poderão colaborar com esta redução está alinhado com o arranjo dos elementos no espaço produtivo. Machline (1990) afirma que um *layout* adequado visa reduzir distâncias percorridas pelos colaboradores e ferramentas entre as etapas de produção (Princípio da economia de movimentos). Também é ideal que os movimentos entre as operações sejam contínuos, ou seja, sem paradas, voltas e cruzamentos, entre operadores e máquinas.

Assim, pode-se afirmar que um bom *layout* poderá auxiliar na redução dos desperdícios abordados sob a ótica da *Lean Manufacturing*. Portanto, pretendendo mais aprofundamento sobre o tema, a seção seguinte discutirá mais a respeito do *Layout* Fabril.

2.2. Layout Fabril.

Layout, ou arranjo físico, é a localização física dos recursos utilizados nos processos produtivos (CHIAVENATO, 2014). Risso (2016) destaca que todo posicionamento dos materiais e recursos no ambiente devem estar associados à programação dos serviços, estabelecendo um fluxo do processo de transformação dos recursos. Assim, os objetivos de um projeto de *layout* podem ser divididos em quatro principais, sendo o primeiro deles a busca por facilitar fluxos de fabricação ou tramitação dos processos; o segundo a organização dos postos de trabalho para aproveitar todo espaço útil disponível; o terceiro a busca por melhorias no ambiente de trabalho dos colaboradores; por fim, a redução de movimentações de pessoal, materiais, produtos e informações no ambiente (CURY, 2017).

Quanto a sua tipologia, os arranjos podem ser por Produto, por Processo, Celular, Posição Fixa e Misto; tendo cada um características e funções nos sistemas produtivos. Não sendo aqui discutido cada um deles, pois a pesquisa aplicou o Arranjo Celular em seu desenvolvimento, sendo ele aqui apresentado.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p.160) definem Arranjo Celular aquele em que os recursos para transformar determinados produtos são alocados em um só espaço, denominado célula de produção. Dentre as vantagens de seu uso, tem-se ganhos com flexibilidade do tamanho dos lotes,

desenvolvimento de espaços dedicados a fabricação de famílias específicas de produtos, redução do tempo de transporte de material, estoques e movimentações.

Além disso, ao centralizar a fabricação de uma dada família de produtos em uma dada célula, pode-se obter maior qualidade nos produtos e aumento da produtividade (GENNARO *et al.*, 2019). Para melhor explicitação, o Quadro 2 foi estruturado, expondo um maior aprofundamento das características deste arranjo.

Quadro 2 – Características do *Layout* Celular.

Definição
- Divide-se em células de trabalho baseadas nas etapas dos processos de fabricação - Concentração de máquinas e ferramentas em um só lugar para fabricar o produto inteiro; - Material se movimenta na célula por processos, com flexibilidade do tamanho dos lotes do produto; - Facilitação na divisão de atividades, compreensão e visualização das atividades - Alto nível de produtividade e qualidade - Muito utilizada em indústria de eletrônicos - Caracterizado por baixas movimentações de insumos, baixo <i>lead time</i>, maior racionalização dos processos e projetos.

Fonte: Chiavenato (2014); Neumann e Scalice (2015); Oh *et al.* (2017); Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018); Cipriano e Luciano (2020); Castilho, Nascimento e Mendes (2021).

Cabe destacar que as vantagens de cada tipo de arranjo podem ser obtidas adaptando-se os recursos de produção à necessidade da empresa e/ou mercado. Para tanto, a disposição dos elementos no ambiente produtivo está associada ao que afirma Navarro e Rocha (2014), de que é preciso encontrar o tempo ideal para a realização das atividades, podendo utilizar-se da técnica da Engenharia de Métodos, a cronoanálise para a medição desse tempo.

E para comprovar numericamente, se as mudanças no *layout* produtivo, conforme características do arranjo celular, trouxeram benefícios à empresa, a pesquisa fez uso dos conceitos da Engenharia de Métodos, especialmente a cronoanálise, que será detalhada na sequência.

2.3. Engenharia de Métodos.

Engenharia de Métodos é a atividade voltada à melhoria e desenvolvimento de equipamentos e processos de produção e que abarca o Estudo dos Tempos e Movimentos. O qual busca determinar quais são os melhores movimentos a serem realizados dentro dos melhores tempos produtivos (PEINADO; GRAEML, 2007). Uma das técnicas mais aplicadas no Estudo de Tempos e Movimentos é a Cronoanálise, que auxiliar a gestão fabril a determinar em quanto tempo um colaborador apto para dada atividade é capaz de concluí-la. De modo explicativo, o Quadro 3 expõe alguns dos seus conceitos e características.

Quadro 3 – Conceitos e características da Cronoanálise.

Conceitos	- Estudo sistemático para determinar tempo gasto em tarefa específica feita por pessoa qualificada e treinada na operação; - Técnica para auxílio na determinação da capacidade produtiva; - Leitura de tempos realizada com cronômetro e folhas de acompanhamento.
Características	- Aplicada em qualquer operação que atue com atividades humanas; - Contribui na redução dos custos de produção - Contribui no aperfeiçoamento dos métodos de produção; - Auxilia na definição de <i>layouts</i> adequados; - Auxilia na identificação de atividades que agregam ou não valor a produtos e serviços; - Equalizam conflitos de interesse entre líderes e seus colaboradores; - Auxilia na análise do rendimento do colaborador; - Auxilia na redução de perdas.

Fonte: Barnes (1977); Schapieski e Campos (2013); Moura e Liu (2014)

No presente trabalho, essa técnica foi utilizada para estudo e comprovação dos ganhos obtidos na redução dos desperdícios abordados. Para Barnes (1977), ela contém uma flexibilidade relevante, porém, é necessário o cumprimento de 08 passos essenciais:

- a) Obtenção e registro das informações da operação e do operador;
- b) Divisão da operação em elementos e registro descritivo do método;
- c) Registro do tempo gasto pelo operador;
- d) Determinação do número de ciclos a serem cronometrados;
- e) Avaliar o ritmo do operador;
- f) Verificar se foi cronometrado um número suficiente de ciclos;
- g) Determinação das tolerâncias;
- h) Determinação do tempo-padrão para a operação.

Para realizá-la é ideal que o cronoanalista possua conhecimento sólido do processo, observe etapas de início e fim e estabeleça tempos que serão utilizados para criar o roteiro de operação. Este roteiro, deverá seguir uma sequência lógica (BARNES, 1977) sendo necessário identificar três tempos clássicos: o “Tempo Cronometrado”; “Tempo Normal” e “Tempo Padrão”.

Tempo Cronometrado (TC) é o tempo realmente trabalhado pelo operador no momento do ciclo de cronometragem. Peinado e Graeml (2007) afirmam que primeiramente deve-se dividir toda a operação em elementos de trabalho, utilizando como principais regras:

1. Separar trabalho completo em partes, suficientemente curtas, mas que possam ser evidenciadas na cronometragem;
2. Máquina e operador devem ter tempos medidos separados;
3. Tempo de atraso do operador e/ou máquina devem ser medidos separadamente.

Este tempo é encontrado mediante cronometragem das atividades. Para isto, é necessário definir um número de cronometragens necessárias para se obter um tempo cronometrado confiável médio para a análise. Assim, quanto maior o número de leituras (cronometragens), maior a representatividade dos resultados e quanto maior congruência dos registros, menos preciso será o resultado, demandando novas cronometragens (BARNES, 1977). Para o cálculo do Número de cronometragens, usa-se a Equação 1, em que Z é o coeficiente de distribuição normal, R a amplitude, Er o erro relativo, d2 o coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente; e X a média dos tempos obtidos.

$$N = \left(\frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times X} \right)^2 \quad (1)$$

Para o cálculo do Tempo Cronometrado, aplica-se a Equação 2 (PEINADO e GRAEML, 2007), em que t são os tempos tomados e n é o número de ciclos (cronometragens realizadas).

$$TC = \frac{\sum t1, t2, tn \dots}{n} \quad (2)$$

Na sequência, determina-se o Tempo Normal (TN), que é dependente da variabilidade com que colaboradores executam atividades, seus diferentes ritmos de trabalho e diferentes técnicas de manuseamento, força e velocidade. Seu cálculo é feito pela Equação 3 (PEINADO e GRAEML, 2007), em que TC é Tempo Cronometrado e v a velocidade do operador.

$$TN = \sum TC * v \quad (3)$$

Para se determinar velocidade, ou ritmo do operador, deve-se considerar uma velocidade padrão de 100%, podendo variar, baseado na análise subjetiva do cronoanalista (PEINADO e GRAEML, 2007).

Na sequência, determina-se o Tempo Padrão (TP), estabelecido pela avaliação de performance do operador, normalizando tempo cronometrado e requerido para realizar dada tarefa (ZANDIN, 2001). Ele objetiva mostrar capacidade produtiva baseada em seus processos e leva em consideração elementos

que agregam ou não valor ao processo (ou produto) – chamados de “desperdícios” por Ohno (1997). Para seu cálculo, deve-se determinar um Fator de Tolerância (FT), dado que, um operador não consegue trabalhar, em todo seu turno, com uma velocidade normal (STEVENSON, 2001). Assim, estes fatores de tolerância devem ser somados, de modo percentual, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tolerâncias de trabalho.

DESCRIÇÃO	%	DESCRIÇÃO	%
A. Tolerâncias invariáveis		4. Iluminação deficiente:	
1. Tolerâncias para necessidades pessoais.	5	a. ligeiramente abaixo do recomendado	0
2. Tolerâncias básicas para fadiga	4	b. bem abaixo do recomendado	2
B. Tolerâncias variáveis		c. muito inadequada	5
1. Tolerância para ficar em pé	2	5. Condições atmosféricas (calor e umidade) - variáveis	0-10
2. Tolerâncias quanto a postura		6. Atenção cuidadosa	
a. ligeiramente desajeitada	0	a. Trabalho razoavelmente fino	0
b. desajeitada (Recurvada)	2	b. Trabalho fino ou de precisão	2
c. muito desajeitada (deitada, esticada)	7	c. Trabalho fino ou de grande precisão	5
3. Uso de força ou energia muscular (erguer puxar ou levantar)		7. Nível de ruído	
Peso levantado em quilos		a. contínuo	0
2,5	0	b. intermitente - volume alto	2
5	2	c. intermitente - volume muito alto	5
7,5	2	d. timbre elevado - volume alto	5
10	3	8. Estresse mental	
12,5	4	a. processo razoavelmente complexo	1
15	5	b. processo complexo, atenção abrangente	4
17,5	7	c. processo muito complexo	8
20	9	9. Monotonia	
22,5	11	a. baixa	0
25	13	b. média	1
27,5	17	c. elevada	4
30	22	10. Grau de tédio	
		a. um tanto tedioso	0
		b. tedioso	2
		c. tedioso	5

Fonte: Stevenson (2001, p. 247).

Após identificar FT do operador, calcula-se Tempo Padrão via Equação 4 (PEINADO e GRAEML, 2007).

$$TP = TN \times FT \quad (4)$$

Em que TP é o Tempo Padrão, TN é o Tempo Normal e FT é o Fator de Tolerância. Assim, utilizando-se dos conhecimentos obtidos pelos temas abordados nesta seção, foram realizadas as etapas metodológicas seguintes, buscando-se atingir o objetivo proposto no trabalho. A seção **3. Procedimentos Metodológicos**, abordará, em seguida, com mais detalhes a respeito dos procedimentos tomados durante a realização do trabalho.

3. Procedimentos Metodológicos.

Esta pesquisa possui natureza aplicada, ao buscar conhecimentos de aplicação prática para solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2001), sob uma indústria de produtos eletrônicos. Isto se confirma ao estudar sua planta, processos produtivos, conceitos e elementos sob a ótica do *Lean Manufacturing* e seus desperdícios, *Layout* e Engenharia de Métodos.

Quanto à abordagem, ela é qualitativa e quantitativa, pois segundo Marconi e Lakatos (2003), para se descrever um fenômeno, é preciso obter descrições tanto informações quantitativas quanto qualitativas do objeto de estudo. Neste sentido, a abordagem qualitativa deriva da análise e interpretação do pesquisador acerca do *layout* fabril e posicionamento dos recursos nele. Já a cronoanálise traz a necessidade de uma abordagem quantitativa, analisando e obtendo conclusões sobre dados numéricos.

Quanto aos objetivos, ela é descritiva, ao expor principais características da linha de produção, em convergência com Gil (2017) e mediante análise e descrição dos fenômenos associados aos desperdícios presentes na produção. Por fim, quanto aos procedimentos técnicos é um estudo de caso, por explorar detalhadamente o objeto em estudo, aprofundando-se na identificação de suas características. Para seu desenvolvimento, os passos expostos na Figura 1 foram aplicados.

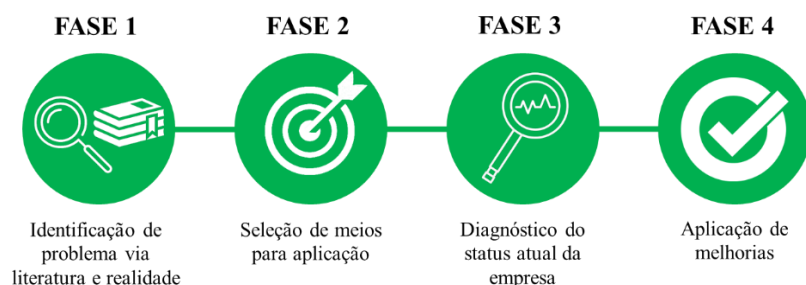


Figura 1 – Fases da Pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A **Fase 1, Identificação do problema via literatura e realidade**, colocou o autor em sintonia com o tema de pesquisa. Sendo realizadas pesquisas bibliográficas em bases de dados, como *Science Direct*, *Scopus*, Banco de Dados de Teses e Dissertações (BDTD) e Google Acadêmico. Pois segundo Gil (2017), sua principal vantagem é permitir investigação mais ampla dos fenômenos mais rapidamente. In loco, aplicou-se Observações Diretas à linha industrial, especialmente quanto a seu *layout* e postos de trabalho, os quais foram inseridos na planta baixa do setor operacional com uso do Excel. Em adição, aplicou-se análise documental para coleta de mais dados sobre o sistema produtivo.

Após o estudo da literatura, prosseguiu-se para **Fase 2, Seleção de meios para aplicação**, na qual foi pautada na escolha dos conteúdos das pesquisas bibliográficas realizadas anteriormente. Analisando os elementos da Engenharia de Métodos, *Layout* e os desperdícios da *Lean Manufacturing*, estes foram alinhados com o cenário da empresa estudada. Dos oito desperdícios, este trabalho dedicou maior atenção na exploração prática de dois deles, **Movimentações Desnecessárias** e **Transporte**, pelo fato deles estarem fortemente presentes na realidade do objeto de estudo. Foi escolhido o *layout* celular, pois era o mesmo utilizado na linha de produção estudada. E a cronoanálise, pois esta técnica já estava sendo aplicada pelo setor de engenharia de processos da fábrica, para estudo dos tempos dos produtos. Esta decisão foi tomada em comum acordo com a gestão da empresa, afinal, estes elementos (movimentações, transporte, *layout* celular e cronoanálise) já eram empregados na companhia, o que contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa.

Após a escolha dos elementos na Fase 2, pôde-se prosseguir para **Fase 3, Diagnóstico do status atual da empresa**, que explorou com profundidade os processos de fabricação, mapeando o *layout* e o fluxo produtivo da fábrica. Em seguida, foram aplicados os estudos da cronoanálise e determinação de seus tempos associados: tempo cronometrado, tempo normal e tempo padrão, além do tempo de desperdício por movimentações e transporte. Assim, todas as etapas de montagem dos produtos foram analisadas, buscando identificar qual parte do processo seria foco do estudo das melhorias. As tomadas

de tempo foram anotadas em uma Folha de Estudo de Processo (FEP), utilizando um modelo já em uso na empresa e exposto no Quadro 4.

Após seleção do processo de montagem para análise foram realizadas as tomadas de tempo, definindo 10 coletas, que foram registradas na FEP (Quadro 4). Já a velocidade foi registrada como especificação de 100%, valor alinhado com as diretrizes da companhia para os processos produtivos. Os dados coletados em planta foram repassados para o Excel e os cálculos de tempo feitos nele. Destaca-se que a ambientação, via observações diretas na planta, foi essencial para unir a teoria com a realidade, alinhando bem quais técnicas a aplicar para identificar melhorias nos processos.

Quadro 4 – Modelo de Folha de Estudo de Processo (FEP).

FEP – Folha de Estudo do Processo													
Produto:				Data:						Setor:			
Cronometrista:						Operador:							
ETAPA XX													
Elemento de Trabalho	Tempos										TC	Observações	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Elemento 1													
...													
Elemento 10													
TEMPO NORMAL:													

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em cima destas observações e discussões com a gestão da empresa, em comum acordo, definiu-se pela análise do produto *Nobreak* uST600Bi, nome fictício adotado por questões de sigilo. Sua escolha foi pautada em seu alto volume de vendas no período de agosto a dezembro de 2022, líder no segmento de produtos e com grande impacto positivo no faturamento da empresa no período em análise.

Após determinar as etapas do processo que eram mais relevantes ao trabalho, realizar o mapeamento do fluxo produtivo e determinar os tempos pela cronoanálise, partiu-se para a **Fase 4, Aplicação de Melhorias**. Nela, foi proposto a reestruturação do *layout* das células de produção, movimentando as bancadas e máquinas. Criou-se uma célula piloto de teste para os novos estudos comparativos antes *versus* depois. O fluxo de produção foi refeito, reduzindo as etapas, elementos de trabalho e os desperdícios por movimentações desnecessárias e transporte.

Feito isso, aplicou-se a cronoanálise novamente, pautada nos mesmos tempos (tempo cronometrado, tempo normal, tempo padrão e tempo de desperdício). Os resultados foram comparados entre eles, verificando se houve uma melhora no fluxo após a reestruturação do *layout*. Além dos ganhos quantitativos, houve ganhos qualitativos, referentes ao conforto e qualidade de trabalho dos operadores, melhorando a produtividade deles por conta de redução das movimentações desnecessárias e transporte (desperdícios). Os dados detalhados das melhorias serão demonstrados posteriormente no trabalho, na seção **5. Melhorias Propostas**.

No mais, o objeto do estudo pertence a um grupo multinacional de origem francesa. Sendo especializado na fabricação e comercialização de materiais elétricos, eletrônicos e hidráulicos, com destaque na fabricação de estabilizadores e *nobreaks* para uso doméstico. Atualmente a planta possui 82 funcionários, sendo 50 deles colaboradores diretos do processo produtivo e 32 na administração.

4. Diagnóstico do processo produtivo.

O produto analisado neste estudo, o *Nobreak* uST600Bi, é o item mais vendido na categoria *nobreaks*, implicando em 28,48% da receita da empresa. Seu processo produtivo é organizado em *layout* celular, com montagem contínua. Sua produção possui 04 etapas (Figura 2), iniciando na montagem do transformador de tensão (ou trafo), do aparelho e vai até sua embalagem e paletização, enquanto a Tabela 2 traz sua lista de componentes.



Figura 2 – Fluxo de fabricação do produto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Lista de componentes do *nobreak* ustT600Bi.

LISTA DE COMPONENTES	
Código	Componente
1	Parafusos
2	Painel metálico
3	Fusível
4	Porta fusível
5	Suporte para 2 fusíveis
6	Cooler
7	Régua de tomadas com barras F, T, N
8	Cabo de alimentação
9	Placa de circuitos
10	Fiações da bateria
11	Tampa lateral direita
12	Tampa lateral esquerda
13	Transformador
14	Bateria
15	Aplique frontal (botão liga/desliga)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Trafo é o componente principal do *nobreak*, é seu transformador de tensão, responsável por aumentar/diminuir valores da tensão elétrica que o aparelho recebe e transmite. Ele é montado e revisado manualmente, testado, recebe banho em verniz e fica em estufa para secagem. Após estas ações, ele segue para a montagem. Nela, monta-se a primeira parte do *nobreak* manualmente, ficando operadores em pé e se movimentando livremente no posto de trabalho. Ele é montado em 02 bancadas, na 1ª monta-se painel traseiro, parafusa componentes menores e coloca fiações principais. Após, ele é levado para 2ª bancada, onde a segunda parte é montada, recebendo placa de circuitos e fiações, transformador, bateria e fechado com parafusos e soldas.

O *nobreak* pronto é levado para bancada de testagem por outro operador, que realiza teste de funcionamento em máquina específica, com capacidade para 05 *nobreaks* por vez. Enquanto aguarda conclusão do teste, colaborador retorna à bancada de embalagem onde coloca *nobreak* já testados em saco plástico junto com seus manuais e o encaixota em caixa individual. O produto embalado é colocado em palete para ser transportado para Zona de Paletização por outro colaborador, chamado de operador-chave pela planta.

Na Zona de Paletização, 02 *nobreaks* embalados são colocados em uma caixa maior por outro colaborador (02 *nobreaks* embalados/caixa). Na sequência, a caixa é lacrada em máquina semiautomática, e novamente disposta em palete, finalizando processo de fabricação do *nobreak* e transportada para a expedição. Há uma diferença do número de caixas nos paletes que vão para embalagem e para expedição. Para embalagem, palete segue com 120 caixas menores com 01 *nobreak* cada (caixa individual), enquanto para expedição, 60 caixas maiores com 02 *nobreaks* cada (caixa de transporte).

Dito isto, a análise se concentrou nas **três últimas etapas do fluxo produtivo**, pois nelas estão concentrados os desperdícios mais relevantes da produção da fábrica, relativos a movimentos dos

operadores e transporte dos produtos. A montagem do produto é feita em células, a planta possui 05 delas destinadas a ele. Cada uma delas possui 06 postos de trabalho (Figura 3), sendo 04 para montagem e 02 para embalagem, conforme descrito anteriormente. Apenas 04 das 05 células da fábrica são dedicadas à fabricação dos *nobreaks*, sendo a última dedicada à fabricação dos estabilizadores. Devido ao foco do trabalho sobre o estudo apenas do *nobreak*, serão consideradas nos cálculos da cronoanálise apenas estas 04, desconsiderando-se a quinta célula.

Em cada célula trabalham 07 colaboradores, sendo 01 em cada um dos postos de trabalho e 01 líder, denominado “operador-chave”. O líder é responsável por preencher dados de produção no sistema da empresa, repor materiais nas bancadas dos postos e substituir operadores da montagem/embalagem quando necessário (pausas para água, banheiro ou absenteísmo).

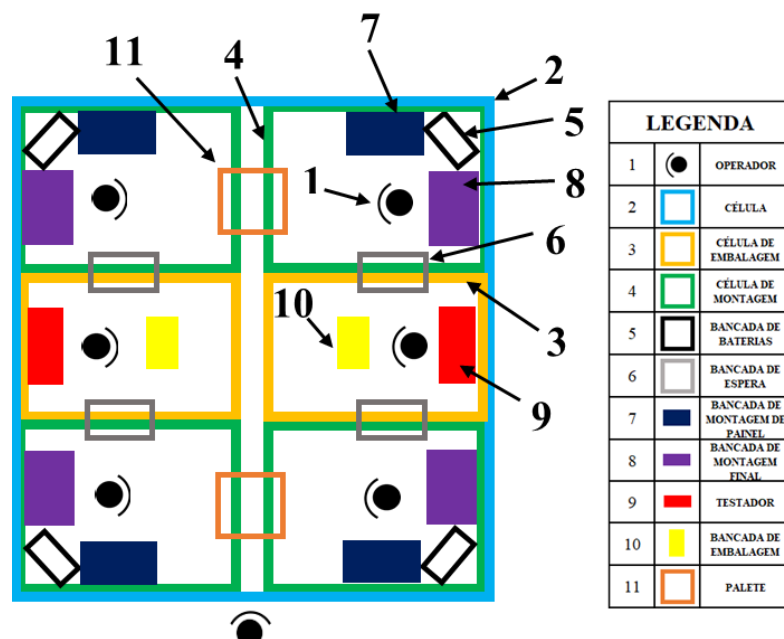


Figura 3 – Célula de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No total, a fábrica possui 35 colaboradores distribuídos nas células, trabalhando em turno único de 08 horas e 48 minutos (não descontando paradas planejadas para ginástica, reuniões e almoço). Deles, 20 ficam na montagem, 10 na embalagem, 05 são operadores-chave. Há também um supervisor de área, responsável por acompanhar e orientar operadores nas células (dando suporte aos demais colaboradores), do qual não será levado em conta no trabalho por ser uma mão-de-obra de caráter indireto.

A Figura 4 descreve movimentos dos operadores na planta e o caminho percorrido pelo produto e a Figura 5 expõe *layout* atual simplificado da planta.

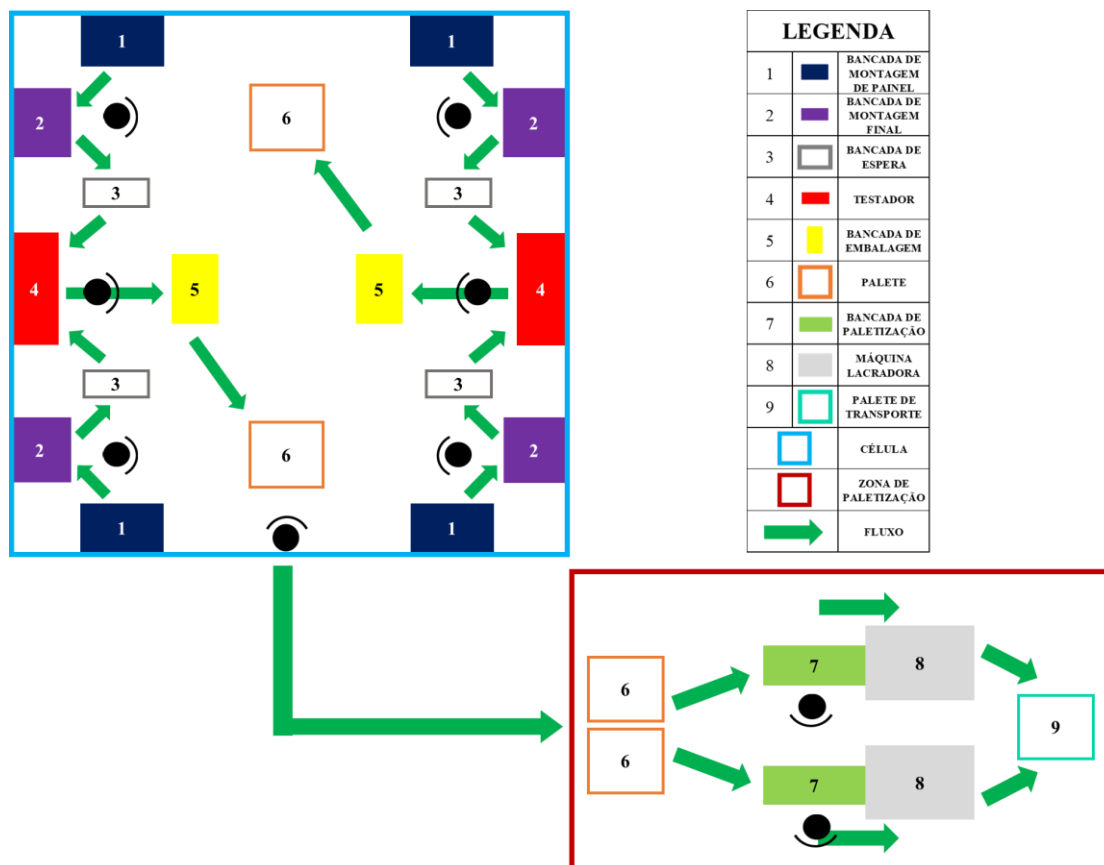


Figura 4 – Fluxo de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Delas, destaca-se que o produto segue plano de montagem padrão estabelecido pela empresa para cada tipo de produto, devendo ela ser seguida por todos da operação nas células e Zona de Paletização. Esta sequência é exposta em um documento que fica afixado em cada posto de trabalho, denominado Instrução de Trabalho (IT).

A próxima seção expõe os desperdícios identificados ao longo do diagnóstico.

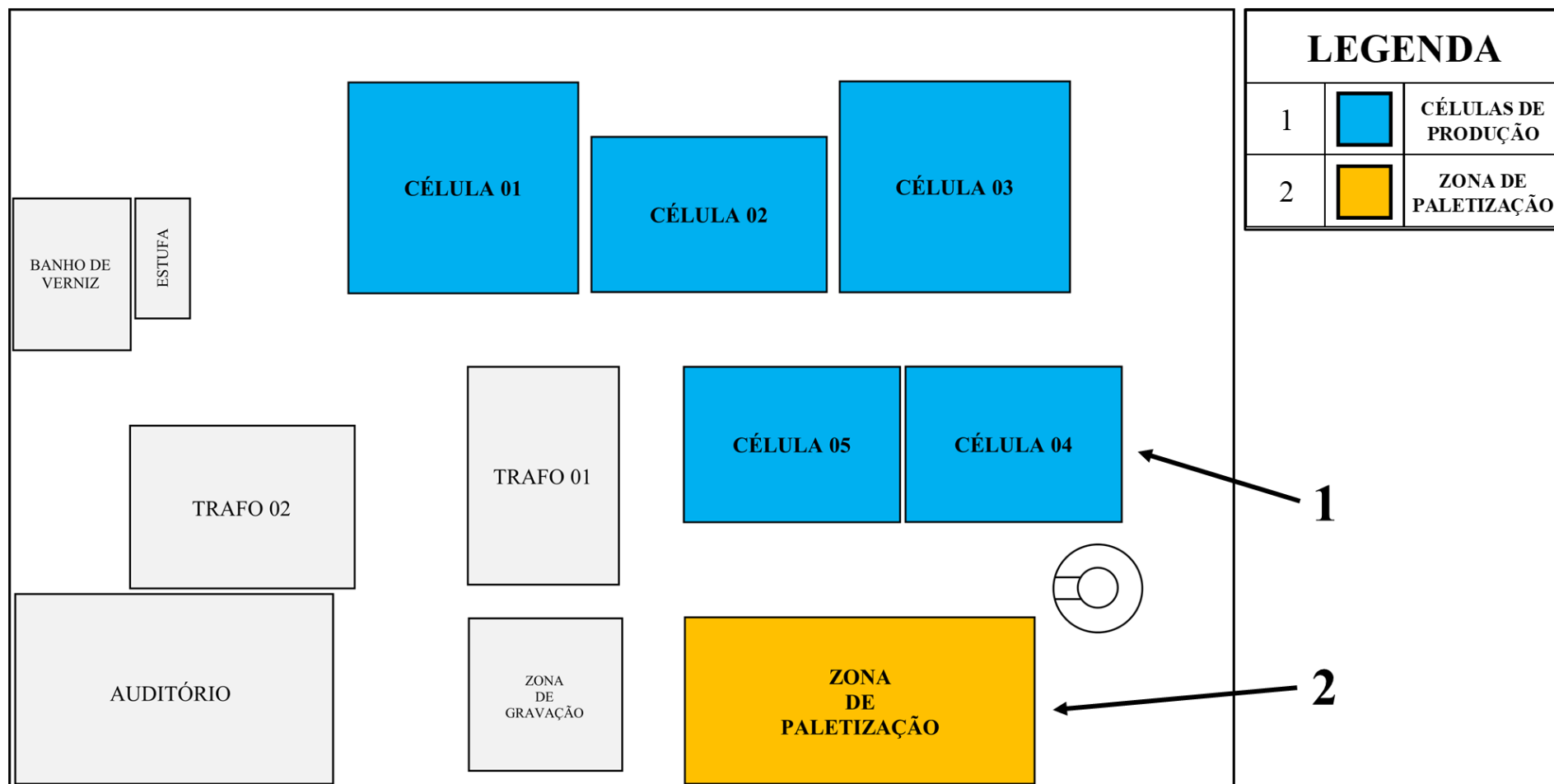


Figura 5 – Layout atual simplificado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1. Desperdícios identificados.

Os dois principais desperdícios identificados e mais recorrentes na planta e célula estão relacionados às **movimentações desnecessárias** e **transporte**. As movimentações mais frequentes concentram-se na montagem, testagem e embalagem na célula, enquanto de transporte concentram-se na Paletização. Os movimentos são expostos na Figura 6 e 7 (setas e linhas verdes).

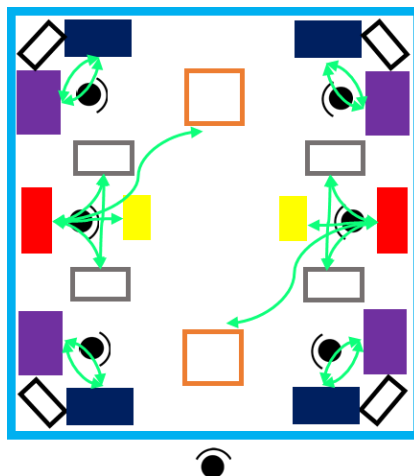


Figura 6 – Movimentações dentro da célula.

Fonte: Elaborado pelo autor.

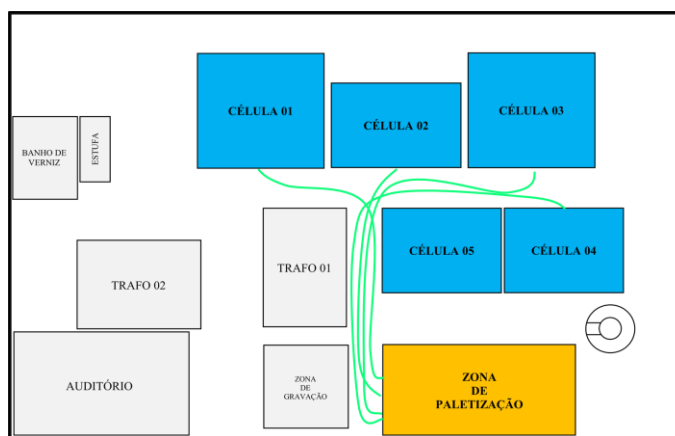


Figura 7 – Transporte entre células e Zona de Paletização.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O desperdício por movimentações desnecessárias dentro da célula é recorrente dos operadores montadores e embaladores. O desperdício por transporte é recorrente da movimentação dos paletes de produtos acabados pelo líder entre as células e a Zona de Paletização. As movimentações dos montadores ocorrem entre as Bancadas de Montagem (nº 1 e 2 na Figura 5), a cada 01 produto montado. É considerado um desperdício pois o colaborador necessita caminhar entre estes dois postos, acarretando numa curta perda de tempo. Este desperdício poderia ser evitado caso houvesse a disposição dos materiais numa bancada só, impossibilitando este fluxo.

As movimentações dos embaladores entre Testador (nº 4 da Figura 5), Bancada de Embalagem (nº 5 da Figura 5) e Palete (nº 6 da Figura 5) ocorrem ciclicamente a cada **pelo menos** 01 produto montado. Isto acontece porque para cada embalador, há 02 montadores, logo ele recebe 01 produto a cada 01 ciclo de qualquer um deles. É considerado um desperdício, pois há uma perda de tempo de

processo devido ao transbordo deste colaborador com o produto em mãos na célula. O desperdício poderia ser evitado ou reduzido, caso houvesse uma proximidade maior entre o testador, bancadas e palete.

Por último, o transporte de produtos pela planta ocorre sempre que algum dos paletes das células é totalmente preenchido. O líder da célula recolhe o palete com uma paleteira manual, transportando-o pela fábrica até a Zona de Paletização. Diariamente, cada líder pode realizar até 3 transbordos. É considerado um desperdício, pois o *layout* da fábrica promove uma considerável perda de tempo de processo pelos colaboradores, fazendo com que eles se movimentem por toda linha de produção, com material, até um local distante dela. Este desperdício poderia ser evitado caso houvesse um transporte automático destes produtos por uma esteira transportadora, dispensando-se o uso de paleteiras para isso.

A evidenciação destes desperdícios por movimentações e transporte é importante, visto que eles são recorrentes no processo de fabricação. Do começo ao fim do processo, nestas 03 etapas (Montagem, Embalagem e Paletização), uma parte do tempo é perdido devido a estes desperdícios. Portanto, ao buscar-se uma melhora do fluxo de produção, busca-se também a redução destes tempos, melhorando assim o fluxo de produção. Dessa forma, a próxima seção utilizará da técnica de Engenharia de Métodos, a cronoanálise para que haja a quantificação de todos os tempos existentes neste processo.

4.2. Estudo de tempos.

Foram realizadas 10 cronometragens dos elementos de trabalho identificados para os processos de montagem, embalagem e paletização (Figura 2) e o Quadro 5 os descreve, sendo eles separados por natureza de trabalho (*máquinas* ou *manuals*).

Quadro 5 – Elementos da Montagem.

Processo	Código	Elementos de Trabalho	Natureza
Montagem	M1	-Colocar o cooler e painel traseiro no moca e parafusar;	Manual 1
	M2	-Encaixar tomadas, montar fusíveis e encaixar;	Manual 1
	M3	-Encaixar cabo no painel traseiro, movimentar-se até outra bancada com painel traseiro montado;	Manual 1
	M4	-Pega uma placa e parafusar ao painel traseiro;	Manual 1
	M5	-Soldar as barras à placa;	Manual 2
	M6	-Conectar a fiação do painel à placa;	Manual 1
	M7	-Pegar uma lateral direta e posicionar um trafo na lateral;	Manual 1
	M8	-Soldar a fiação do trafo a placa;	Manual 2
	M9	-Encaixar a placa na lateral e conectar bateria;	Manual 1
	M10	-Pegar uma lateral esquerda e fechar a peça;	Manual 1
	M11	-Parafusar;	Manual 1
	M12	-Encaixar botão de aplique frontal e levar peça até bancada de espera.	Manual 3
Embalagem	E1	-Levar peça da bancada de espera até o testador e conectar peça;	Manual 3
	E2	-Teste;	Máquina
	E3	-Levar peça até banca de embalagem, colocar em sacola e por manual	Manual 3
	E4	-Colar etiqueta de voltagem na peça montar caixa individual;	Manual 1
	E5	-Colocar peça na caixa, fechar e colar lacre de segurança;	Manual 3
	E6	-Colar etiqueta de venda na caixa e levá-la até palete.	Manual 3
Paletização	P1	- Levar palete cheio até Zona de Paletização e por peças na bancada	Manual 3
	P2	- Apontar Ordem de Produção, embalar produto na caixa de transporte	Manual 1
	P3	-Lacrar caixa de transporte em máquina semiautomática;	Máquina
	P4	-Dispor produto no palete.	Manual 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

O número de ciclos ideal e tempos (Normal, Padrão) foram calculados das Equações 1, 2, 3, 4 e Tabela de Tolerância (Tabela 1), seguindo passos de Peinado e Graeml (2007), com Z de 1,96 e coeficiente d_2 de 3,08. Os principais resultados dos cálculos são expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação do número de ciclos.

Elementos de Trabalho (tempo em segundos)																					
Ciclos	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	E1	E2	E3	E4	E5	E6	P1	P2	P3
1	13	15	17	22	11	12	16	17	18	9	20	9	12	59	12	14	14	11	8	9	4
2	14	14	16	24	12	13	16	18	19	8	20	9	10	58	14	15	11	12	8	8	5
3	12	13	15	26	13	13	14	16	21	8	19	9	11	58	15	13	12	12	7	9	4
4	11	15	14	22	14	12	17	18	20	9	20	9	12	58	15	15	14	11	9	8	5
5	13	14	17	25	12	12	17	18	23	8	20	10	11	61	14	14	12	13	8	7	4
6	14	14	14	24	12	12	17	20	19	10	22	10	12	58	14	15	13	13	7	8	5
7	12	14	16	23	13	14	17	19	21	10	22	9	12	56	12	15	14	11	8	9	5
8	12	16	15	23	11	11	16	17	19	10	20	10	12	58	13	13	12	13	9	8	4
9	13	14	15	22	11	12	17	18	23	9	21	9	12	60	15	13	11	14	8	8	4
10	12	14	16	23	12	11	14	16	19	10	20	11	12	58	13	14	14	11	9	7	4
X	13	14	16	23	12	12	16	18	20	9	20	10	12	58	14	14	13	12	8	8	4
R	3	3	3	4	3	3	3	4	5	2	3	2	2	5	3	2	3	3	2	2	1
Z																					
Er																					
D2																					
N	9,19	7,14	6,08	4,74	9,97	9,81	5,63	8,28	9,94	7,83	3,51	7,19	4,82	1,19	7,78	3,26	9,05	9,97	9,89	9,89	8,38

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da análise foi possível validar como suficientes as 10 cronometragens realizadas, criando nivelamento dos tempos de processo estudados, evitando excesso de tomadas.

Para determinar os tempos (Normal e Padrão), considerando variabilidade do ritmo dos colaboradores, foi empregado os fatores de tolerância descritos na Tabela 1. Estudo de tempos, sendo estas tolerâncias separadas por natureza da operação (manuais e máquinas), conforme Tabela 4. Para as máquinas, as tolerâncias permaneceram fixas, sem acréscimo ou redução de porcentagens, mantendo-se a porcentagem para todos os elementos deste perfil (E2 e P3).

De modo geral, para elementos realizados em pé foi atribuído compensação de 2%, e mais 2% pelo nível de ruído intermitente relativamente alto na planta. Os demais elementos manuais foram subdivididos em 03 tipos:

- **Manual 1** (13%): Atividades manuais realizadas em pé, nível de ruído intermitente e alto (M1, M2, M3, M4, M6, M7, M9, M10, M11, E4 e P2);
- **Manual 2** (15%): Atividades manuais que envolvem atenção cuidadosa, com trabalho fino ou precisão, durante soldagem dos componentes eletrônicos. Realizadas em pé, com nível de ruído intermitente alto (M5, M8);
- **Manual 3** (16%): Atividades que envolvem força muscular para manipulação de peso de 7,5 Kg e 10 Kg, durante levantamento do *nobreak* entre bancadas (aparelho pesa cerca de 10 Kg). Realizadas em pé, com nível de ruído intermitente e alto (M12, E1, E3, E5, E6, P1e P4).

Além destas foram adotadas as tolerâncias invariáveis (fixas) definidas por Barnes (1977):

- Tolerância para necessidades pessoais com valor 5%;
- Tolerâncias básicas para fadiga com valor de 4%.

De modo geral, a Tabela 4 traz o resumo geral das compensações definidas.

Tabela 4 – Determinação das tolerâncias de processo.

Tipo de Compensação	Operações de Máquinas	Operações Manuais
Necessidades pessoais	5%	5%
Fadiga	4%	4%
Trabalho em pé	2%	2%
Postura	0%	0%
Força muscular (menos de 2,5 Kg)	0%	0%
Força muscular (7,5 Kg a 10 Kg)	0%	3%
Iluminação	0%	0%
Condições atmosféricas	0%	0%
Atenção cuidadosa (razoavelmente fino)	0%	0%
Atenção cuidadosa (fino ou de precisão)	0%	2%
Nível de ruído	2%	2%
Estresse mental	0%	0%
Monotonia	0%	0%
Grau de tédio	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para normalização do Tempo Padrão, Peinado e Graeml (2007) definem ser necessário aplicar uma taxa de variação, sendo adotada, por convenção, a taxa padronizada de 85% a 115%, ou seja, um índice de tolerância de 15%, um valor usualmente aplicado por empresas brasileiras. O ritmo de operação de cada elemento utilizado foi de 100% devido à natureza do estudo (cálculo usando condições padrão de trabalho), sendo observados apenas operadores hábeis. Assim, a Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para o *nobreak* usT600Bi.

Tabela 5 – Análise geral do processo produtivo – Status Atual.

QNT DE CICLOS	ELEMENTOS DE TRABALHO																					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	E1	E2	E3	E4	E5	E6	P1	P2	P3	P4
1	13	15	17	22	11	12	16	17	18	9	20	9	12	59	12	14	14	11	8	9	4	5
2	14	14	16	24	12	13	16	18	19	8	20	9	10	58	14	15	11	12	8	8	5	5
3	12	13	15	26	13	13	14	16	21	8	19	9	11	58	15	13	12	12	7	9	4	6
4	11	15	14	22	14	12	17	18	20	9	20	9	12	58	15	15	14	11	9	8	5	6
5	13	14	17	25	12	12	17	18	23	8	20	10	11	61	14	14	12	13	8	7	4	6
6	14	14	14	24	12	12	17	20	19	10	22	10	12	58	14	15	13	13	7	8	5	6
7	12	14	16	23	13	14	17	19	21	10	22	9	12	56	12	15	14	11	8	9	5	6
8	12	16	15	23	11	11	16	17	19	10	20	10	12	58	13	13	12	13	9	8	4	5
9	13	14	15	22	11	12	17	18	23	9	21	9	12	60	15	13	11	14	8	8	4	6
10	12	14	16	23	12	11	14	16	19	10	20	11	12	58	13	14	14	11	9	7	4	6
Total	126	143	155	234	121	122	161	177	202	91	204	95	116	584	137	141	127	121	81	81	44	57
Média Inicial	12,6	14,3	15,5	23,4	12,1	12,2	16,1	17,7	20,2	9,1	20,4	9,5	11,6	58,4	13,7	14,1	12,7	12,1	8,1	8,1	4,4	5,7
Variação T.N. (15%)	1,9	2,1	2,3	3,5	1,8	1,8	2,4	2,7	3,0	1,4	3,1	1,4	1,7	8,8	2,1	2,1	1,9	1,8	1,2	1,2	0,7	0,9
Nº Itens	10	10	10	10	9	9	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10
Tempo Normalizado	126	143	155	234	107	108	161	177	202	91	204	84	116	584	137	141	113	121	81	81	44	57
Média Final	12,6	14,3	15,5	23,4	11,9	12,0	16,1	17,7	20,2	9,1	20,4	9,3	11,6	58,4	13,7	14,1	12,6	12,1	8,1	8,1	4,4	5,7
Tolerância (%)	13%	13%	13%	13%	15%	13%	13%	15%	13%	13%	13%	16%	16%	13%	16%	13%	16%	16%	16%	13%	13%	16%
Tempo Elemento Ritmo	14,24	16,16	17,52	26,44	13,67	13,56	18,19	20,36	22,83	10,28	23,05	10,83	13,46	65,99	15,89	15,93	14,56	14,04	9,40	9,15	4,97	6,61
Funcionário (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tempo Operação Final	14,24	16,16	17,52	26,44	13,67	13,56	18,19	20,36	22,83	10,28	23,05	10,83	13,46	65,99	15,89	15,93	14,56	14,04	9,40	9,15	4,97	6,61
Tempo Padrão (h)	0,1048																					

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para determinar o Tempo Padrão de todo o processo do produto foram realizadas as seguintes etapas:

- Cálculo da média inicial de cada elemento (Tempo de Ciclo);
- Cálculo do valor normalizado, eliminando tempos fora do intervalo de 85% a 115%;
- Cálculo da nova média, dividindo Tempo Normalizado pelo novo número de operações;
- Cálculo do tempo de operação final, multiplicando-se a média pelo ritmo de cada operador e sua tolerância devido à fadiga;
- Cálculo do tempo padrão, somando-se o tempo de operação de cada elemento, e convertendo-se o tempo para horas, totalizando 0,1048 h/produto.

O processo no geral é manual, contendo a presença de máquinas em apenas 02 dos 22 elementos de trabalho. Durante o elemento “Teste do produto (E2)”, o operador apenas dispõe o *nobreak* sobre máquina. conecta-o à tomada, inicia teste e ela trabalha de forma autônoma, sinalizando término de testagem.

O elemento “lacrar a caixa do produto (P3)” também funciona de modo autônoma pela máquina, mesmo sendo semiautomática, pois operador precisa regular altura da prancha limitadora apenas quando muda o produto a ser lacrado.

Do princípio ao final do processo, há presença de diversos pontos de melhoria relativos à desperdícios relacionados a movimentações em excesso pelos colaboradores e transporte. Na Tabela 6, que apresenta os tempos de desperdício dos elementos, tem-se que os elementos M3, M12, E1 e E3 possuem tarefas com a presença de pequenos deslocamentos dos operadores entre bancadas da célula. No elemento P1 há transporte do palete de produtos acabados até Zona de Paletização, perdendo-se tempo de processo considerável.

Tabela 6 – Desperdícios existentes no processo – Status Atual.

Elemento de Trabalho	Desperdício	Tempo de Desperdício (s)
M3	Movimentar-se entre as duas bancadas de montagem	3
M12	Movimentar produto da bancada de montagem para a de espera	2
E1	Movimentar produto da bancada de espera até testador	4
E3	Movimentar produto do testador até bancada de embalagem	2
E6	Levar produto até palete, dispor e retornar	9
P1	Levar palete cheio até Zona de Paletização e por peças na bancada	8
P2	Apontar Ordem de Produção, embalar produto na caixa de transporte	8
P3	Lacrar caixa de transporte em máquina semiautomática	4
P4	Dispor produto no palete	6
Tempo Total:		46

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os elementos P1, P2, P3 e P4 da paletização são considerados puro desperdício, pois a atividade não agrega valor ao produto. Por conta disto, estes foram os elementos de trabalho foco principal da tratativa em busca do objetivo do trabalho, ou seja, redução dos desperdícios.

O maior desperdício constatado foi na paletização, mesmo ela sendo crucial no processo, ficou demonstrado pelo estudo e corroborado pela gestão da empresa que esta etapa pode ser considerada o gargalo principal, devendo ser analisado e, se possível, eliminado. Pois, de modo indireto, ele não agrega valor ao produto e necessita mão-de-obra totalmente dedicada, que poderia estar realizando outras atividades de maior valor produtivo.

O processo completo tem Tempo Padrão de 377 s, ou **0,1048 h**, com **22 elementos de trabalho**, com tempo de Desperdício total de 46 s, ou **0,0128 h**. Isto significa que, **12,2%** do Tempo Padrão é composto por improdutividades. As células possuem disponível 24 operadores que trabalham em turno único, de 08 horas e 48 minutos. Todavia, há um intervalo de 01 hora para almoço, restando 07 horas e 48 minutos de carga horária operacional.

Assim, diariamente, a empresa possui capacidade produtiva de **1081 produtos**, conforme resumo do cenário atual exposto na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo do Cenário Atual.

	Cenário Atual
Tempo Padrão (h)	0,1048
Elementos de Trabalho	22
Tempo de desperdício (h)	0,0128
Capacidade Produtiva (unidades)	1081

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio da cronoanálise, foi possível evidenciar os desperdícios por movimentações desnecessárias e transporte representam para o *layout* utilizado. Ela foi importante dado que, por meio dela, se poderá comprovar, quantitativamente, o quanto a reestruturação do *layout* impactará nos tempos de processo (tempo cronometrado, tempo normal, tempo de ciclo e tempo de desperdício). Pois, caso haja uma redução nestes tempos, isso representará uma melhora no fluxo de fabricação.

Em cima das análises, melhorias foram propostas e implementadas, conforme expostas nas próximas seções.

5. Melhorias propostas e implementadas.

Com a identificação dos gargalos foi possível trilhar pontos de melhorias voltados à redução de seus impactos em todo o processo produtivo. Associado a isto, os desperdícios de movimentações e transporte também foram analisados e as propostas buscaram mitigá-los também. Como primeira decisão, optou-se por manter o *layout* celular no processo produtivo, sendo criada uma célula piloto para que testes pudessem ser realizados. Essa escolha foi feita por facilitar novos estudos de tomadas de tempo e análise de movimentos dos operadores, bem como controlar melhor o processo existente, realizando ajustes no arranjo quando necessário. Além disso, aproveitou-se elementos já existentes no *layout* anterior, manipulando-os via tentativa e erro, para que o fluxo de produção pudesse ser melhorado, reduzindo esses movimentos.

No *layout* atual, cada célula possui 06 colaboradores operacionais, sendo 04 operadores de montagem e 02 de embalagem. Cada operador de montagem possui 02 bancadas e cada operador da embalagem possui 01 testador e 01 bancada. Totalizam 08 bancadas de montagem, 02 bancadas de embalagem e 02 testadores por célula. No *layout* proposto, a nova célula passa a ser composta por 03 colaboradores operacionais, sendo 02 operadores de montagem e 01 de embalagem. Cada operador de montagem possui somente 01 bancada. O operador de embalagem continua com um 01 testador e 01 bancada, conforme Figura 8. Isto implica em uma redução de 03 colaboradores por célula, reduzindo assim o espaço produtivo da fábrica e quantidade de movimentações dentro dela.

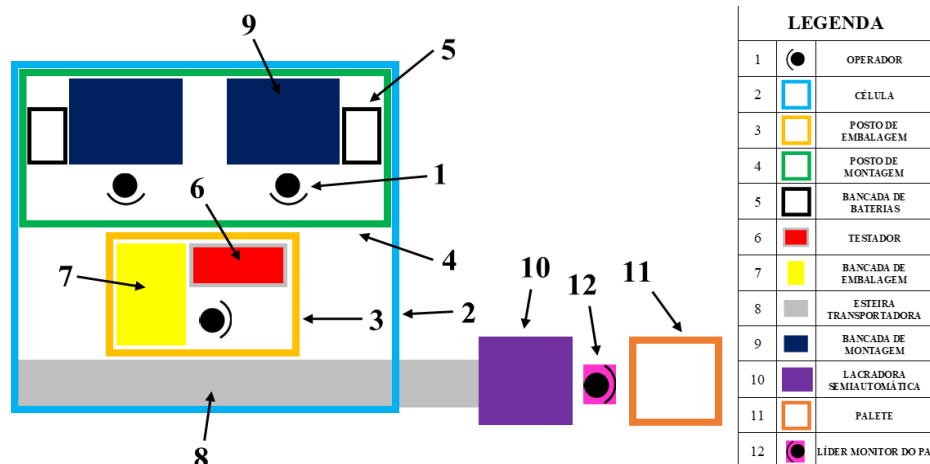


Figura 8 – Layout proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na montagem, a mudança priorizou redução de movimentos entre 02 postos: **bancada de painel traseiro** e **bancada de painel frontal**. Pois, antes operador movimentava-se continuamente entre as duas bancadas, gerando uma perda de tempo. Foi proposto união das duas numa só bancada, e, com isto, as peças foram dispostas de modo que ele continuasse seguindo a mesma sequência de montagem anterior, prevista na Instrução de Trabalho da empresa. Só que agora, ele passa a ter menos movimentos durante processo, ou seja, ele não transita mais entre postos de trabalho dentro da célula.

Na embalagem, a mudança focou na redução de movimentos entre 04 postos: **bancada de espera, testador de nobreak, bancada de embalagem e palete de produtos acabados**. Anteriormente, isso gerava excesso de deslocamento na célula, pois, operador precisava transitar com produto em mãos entre esses postos, gerando excesso de movimentos desnecessários (desperdício). Foi proposto utilizar-se do testador como local de espera (dispensando-se o uso de uma bancada para isso) para o produto a ser testado, dispondo-o rente à bancada de embalagem, para, assim, o operador não precisar mais movimentar-se com o produto entre bancada de espera e testador, nem entre testador e bancada de embalagem. Não há mais palete de produtos acabados, pois assim que completamente embalado, o produto é colocado diretamente numa esteira transportadora, que o levará até a máquina lacradora no final do processo.

A maior mudança, por último, ficou na Zona de Paletização, buscando sua desativação, para eliminar desperdício por transporte dos produtos em paletes, até esse setor, que é separado da produção dentro da planta, logo, com longas distâncias. Porque, antes, o processo de transporte dos paletes das células à Zona, levava de cerca de 60 segundos cada um, gerando grande tempo perdido em ações que não agregam valor ao produto.

A melhoria proposta e implementada foi a instalação de uma única esteira transportadora automática, diferente do processo anterior, onde era tudo realizado manualmente com uso de paleteira manual, mitigando-se, assim o desperdício por transporte. É importante frisar que, alguns dos seus elementos de trabalho foram repassados ao setor de embalagem, porque, mesmo não agregando valor, não puderam ser eliminados completamente, por serem indispensáveis à conclusão do produto.

A movimentação dos produtos embalados em caixas de transporte até a máquina semiautomática não foi alterada. Contudo, ela foi separada do processo em análise, pelo fato da empresa considerar que ela não afeta diretamente o fluxo de agregação de valor do produto. Ou seja, o fluxo dos elementos de trabalho neste novo *layout* finalizar-se-á quando operador embalador dispuser produto encaixotado na esteira e não mais no novo paletê, como era anteriormente. A Figura 9 apresenta a lógica de movimentação dentro da célula, em complemento ao *layout* exposto na Figura 8.

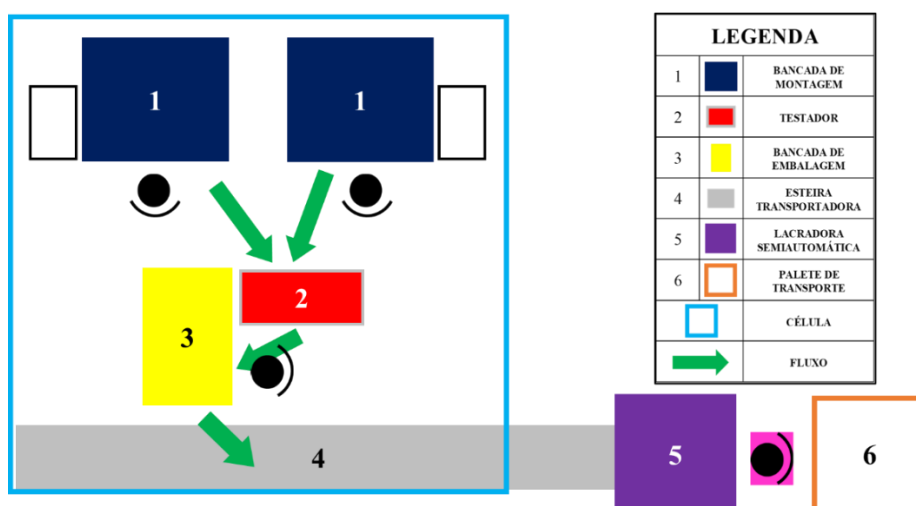


Figura 9 – Fluxo no *layout* proposto
Fonte: Elaborado pelo autor.

Anteriormente, o *layout* portava 22 elementos de trabalho distribuídos entre Montagem, Embalagem e Paletização. Dentre eles, havia alguns com desperdícios relativos a movimentações e transporte, que, embora seu valor em tempo seja baixo, representam gargalo considerável a ser reduzido.

Com as mudanças, houve redução para 18 elementos de trabalho (22% a menos), pois houve desativação da Zona de Paletização. Uma parte de suas operações foram redistribuídas para operação de Embalagem, colaborando para que o processo fosse mais controlado, dado que a fabricação final do produto fosse realizada dentro da célula. Ainda que com novas tarefas para operadores embaladores executarem, a redução das movimentações e transporte deles dentro do posto de trabalho compensaram a adição dessas atividades.

Para melhor compreensão, Quadro 6 traz os novos elementos de trabalho adotados pela empresa.

Quadro 6 – Elementos da montagem após melhorias.

Processo	Código	Elementos de Trabalho	Natureza
Montagem	M1	-Colocar o cooler e painel traseiro no moca e parafusar;	Manual 1
	M2	-Encaixar tomadas, montar fusíveis e encaixar;	Manual 1
	M3	-Encaixar cabo no painel traseiro;	Manual 1
	M4	-Pegar uma placa e parafusar ao painel traseiro;	Manual 1
	M5	-Soldar as barras à placa;	Manual 2
	M6	-Conectar a fiação do painel à placa;	Manual 1
	M7	-Pegar uma lateral direita e posicionar um trafo na lateral;	Manual 1
	M8	-Soldar a fiação do trafo a placa;	Manual 2
	M9	-Encaixar a placa na lateral e conectar bateria;	Manual 1
	M10	-Pegar uma lateral esquerda e fechar a peça;	Manual 1
	M11	-Parafusar;	Manual 1
	M12	-Encaixar botão de aplique frontal e levar peça até bancada de espera.	Manual 3
Embalagem	E1	-Conectar peça ao testador;	Manual 1
	E2	-Teste;	Máquina
	E3	-Levar peça até bancada de embalagem, colocar numa sacola plástica e adicionar manual;	Manual 3
	E4	-Colar etiqueta de voltagem na peça montar caixa individual;	Manual 1
	E5	-Colocar peça na caixa, fechar, colar lacre de segurança;	Manual 3
	E6	- Colar etiqueta de venda, apontar ordem de produção com o leitor, encaixotar na caixa de transporte e colocar na esteira.	Manual 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

As operações por máquinas não sofreram alterações, dado que, no novo cenário a máquina semiautomática continua existindo, todavia ela não pertence mais ao processo pois não é mais manipulada por mão-de-obra operacional, mantendo-se apenas testador de *nobreak* na operação de Embalagem.

O processo anterior era sequenciado em Montagem, Embalagem e Paletização, agora somente é sequenciado em Montagem e Embalagem. Os elementos manuais sofreram poucas alterações, afetando-se apenas o E6:

- Antes: Colar etiqueta de venda na caixa e levá-la até palete;
- Depois: Colar etiqueta de venda, apontar ordem de produção com o leitor, encaixotar na caixa de transporte e colocar na esteira.

Frente a isto, uma nova cronoanálise foi realizada, seguindo mesmos passos já mencionados e a Tabela 8 expõe visão geral dos resultados obtidos.

Tabela 8 – Análise geral do processo produtivo – Status pós melhorias.

QNT DE CICLOS	ELEMENTOS DE TRABALHO																	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	E1	E2	E3	E4	E5	E6
1	12	13	12	22	8	10	14	18	20	11	22	9	5	54	11	14	13	10
2	11	13	12	23	9	12	14	17	19	11	19	10	6	59	13	14	14	10
3	11	13	13	20	8	13	16	19	19	11	18	9	6	59	14	15	14	10
4	11	13	13	21	8	11	15	17	19	10	19	9	5	58	14	14	11	10
5	11	13	13	19	8	12	14	18	21	11	20	9	6	58	13	16	14	10
6	11	14	14	18	9	12	13	18	20	10	18	9	6	62	13	13	14	11
7	11	14	12	19	10	13	14	19	19	10	21	9	5	58	13	14	11	9
8	12	16	13	20	10	13	16	16	20	10	20	10	6	58	13	16	11	11
9	13	16	12	20	9	12	14	19	23	10	20	8	6	56	14	13	13	10
10	11	15	11	20	9	13	14	16	20	11	20	9	5	59	13	14	13	9
Total	114	140	125	202	88	121	144	177	200	105	197	91	56	581	131	143	128	100
Média Inicial	11,4	14,0	12,5	20,2	8,8	12,1	14,4	17,7	20,0	10,5	19,7	9,1	5,6	58,1	13,1	14,3	12,8	10,0
Variação T.N. (15%)	1,7	2,1	1,9	3,0	1,3	1,8	2,2	2,7	3,0	1,6	3,0	1,4	0,8	8,7	2,0	2,1	1,9	1,5
Nº Itens	10	10	10	10	8	9	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	10	10
Tempo Normalizado	114	140	125	202	68	111	144	177	177	84	197	91	56	581	120	143	128	100
Média Final	11,4	14,0	12,5	20,2	8,5	12,3	14,4	17,7	19,7	8,4	19,7	9,1	5,6	58,1	13,3	14,3	12,8	10,0
Tolerância (%)	13%	13%	13%	13%	15%	13%	13%	15%	13%	13%	13%	16%	13%	13%	16%	13%	16%	16%
Tempo Elemento	12,88	15,82	14,13	22,83	9,78	13,94	16,27	20,36	22,22	9,49	22,26	10,56	6,33	65,65	15,47	16,16	14,85	11,60
Ritmo Funcionário (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tempo Operação Final	12,88	15,82	14,13	22,83	9,78	13,94	16,27	20,36	22,22	9,49	22,26	10,56	6,33	65,65	15,47	16,16	14,85	11,60
Tempo Padrão (h)	0,0890																	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da Tabela 8, nota-se que os elementos M12 e E3 ainda apresentam perdas de tempo (desperdícios), pois estes ainda contam com a presença de pequenas movimentações dos operadores dentro da célula, sendo que em M12 ocorre deslocamento do produto finalizado até testador, e em E3 ocorre deslocamento do produto testado até bancada de embalagem. Estes dois elementos permaneceram da mesma maneira que antes, pois eles são aderentes ao processo. Não obstante, ocasionalmente, poderão ser reduzidos através de novas melhorias. Entretanto, os elementos M3, E1 tiveram desperdícios por movimentações completamente sanados, já que em M3 operador conta com apenas uma bancada para montagem, não precisando mais deslocar-se entre duas. Os elementos da Paletização P1 e P3 foram dissolvidos junto e os elementos P2 e P4 foram transferidos para operação de Embalagem. Dessa forma, foi possível reduzir grande parte do gargalo relativo ao setor da Paletização. Os tempos de desperdício presentes nos elementos anteriormente citados foram discriminados, e seus valores respectivos estão demonstrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Desperdícios existentes no processo – Status pós melhorias.

Código	Desperdício	Desperdício (s)
M12	Movimentar produto da bancada de montagem para a de espera	2
E3	Movimentar produto do testador até bancada de embalagem	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

No *layout* anterior, o processo completo possuía um total de 46 segundos, ou **0,0128 hora**, relativos a desperdícios. Já no novo *layout* este valor é de apenas 04 segundos, ou **0,0011 hora**. Isto demonstra uma redução significativa, onde antes **12,2%** do Tempo Padrão era relativo a desperdícios, e, após as melhorias, este valor passa a ser de apenas **1,23%**.

As mudanças de *layout* na fábrica colaboraram para que houvesse redução de desperdícios relacionados a *movimentações desnecessárias e transporte*, reduzindo assim Tempo Padrão do produto. Como consequência, foi possível elevar a capacidade produtiva da planta, que antes conseguia produzir até **1081 produtos** diariamente, distribuídos em 04 células com 06 operadores cada, num total de 24 operadores (não considerando os líderes). No *layout* proposto, se expandido para o restante da fábrica (Figura 11), mantendo-se mesmo quadro de colaboradores, a capacidade produtiva pode aumentar em 17,7%, **1272 produtos** diariamente, distribuídos em 08 células com 03 colaboradores cada uma.

Embora tenha havido um aumento na capacidade da fábrica, isto não acarretará um desperdício por excesso de estoque. Pois, seguindo-se o cronograma de produção da fábrica, a demanda diária de fabricação deste produto poderá ser atingida mais rapidamente (meta diária). Dessa maneira, assim que a meta de produtos for atingida, a operação poderá direcionar a montagem de outro modelo (*setup*), evitando que sejam produzidas mais peças além do necessário, e respeitando o que foi dito por Ohno (1997), um dos princípios *Lean Manufacturing*, sobre produzir o necessário, no tempo necessário.

Frisa-se que as outras 02 células restantes (Células 09 e 10) serão dedicadas a outro tipo de produto, do qual não foi o foco do estudo do trabalho. Isso ajuda a manter a lógica do trabalho sobre comparar *layouts* sobre mesmas condições antes e depois das melhorias. O resumo comparativo do cenário anterior versus cenário pós melhorias está demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resumo Cenário antes versus Cenário pós melhorias.

	Cenário Antes	Cenário Depois	%
Tempo Padrão (h)	0,1048	0,0890	-17,7%
Elementos de Trabalho	22	18	-22,2%
Tempo de Desperdício (h)	0,0128	0,0011	-1000,6%
Capacidade Produtiva (unidades)	1081	1272	+17,7%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as reduções constatadas e testes feitos na célula piloto, os colaboradores poderão agora exercer suas operações de modo mais contínuo de um modo geral. Ou seja, aquelas que trabalham na montagem não precisarão mais deslocar-se entre duas bancadas, enquanto aqueles que trabalham na embalagem não precisarão mais se deslocar com o produto em mãos, entre bancadas e testador. Já os líderes, não precisarão mais deslocar-se com paletes de produtos acabados por dentro da planta fabril.

Qualitativamente, pode-se considerar que devido a redução dos movimentos dos colaboradores nas células e na fábrica. Por consequência, eles exercerão menos operações para realizar processo de fabricação. Logo, isso promoverá uma melhora na qualidade de trabalho dos operadores, dado que, com menos movimentos, sua fadiga física reduzirá, melhorando, assim, o fluxo de produção.

Embora a redução de tempo seja de apenas alguns segundos, se estendida para dias, semanas, meses e ano, o acúmulo de tempo será muito maior. Ou seja, por mais que esses tempos de movimentação desnecessária e transporte pareçam baixos, a longo prazo, eles ocasionarão um desgaste na operação, seja ergonomicamente ou psicologicamente. Com as melhorias propostas, haverá uma diminuição do estresse dos operadores e líderes, já que eles se movimentarão menos, proporcionando uma satisfação maior na realização do trabalho, aumentando, portanto, sua produtividade.

Outros ganhos obtidos com o estudo foi a otimização de espaço e reaproveitamento de mão-de-obra, sendo mais bem utilizada a área onde antes localizava-se a Zona de Paletização e outras células (Figura 10). Já os 04 operadores deste setor puderam ser realocados para a etapa de Trafo, que possui deficiência de mão-de-obra constante, por conta do alto índice de retrabalho dos transformadores de tensão.

Ainda há outras oportunidades em implicações futuras, pois esse novo formato permitirá melhor aproveitamento do espaço físico. Sendo aqui proposto a reutilização do espaço das antigas Células 04 e 05 e a Zona de Paletização para outros fins, de interesse da empresa.

Iniciar trabalhos em um novo formato de *layout* numa fábrica pode ser algo difícil para operadores mais experientes com o formato anterior. Eles se adaptaram ao ritmo de trabalho antigo, mesmo com erros de processo e presença de movimentos desnecessários, o que acarretavam fadiga mais rapidamente. Portanto, para a empresa, foi sugerido treinamento e orientação dos colaboradores sobre novo arranjo e operações, sendo demonstrados ganhos que eles podem obter com as propostas. Dentre as melhorias pode-se mencionar: alcance de metas de produção mais rapidamente; aumento do tempo produtivo; redução da fadiga física.

É considerável comentar que estas apenas são propostas para uma aplicação futura no objeto de estudo, visto que houve ganhos quantitativos e qualitativos demonstrados em cálculos, sobre as vantagens da utilização do novo *layout* celular. Não houve a implementação imediata do arranjo completo por questões de disponibilidade da empresa durante o período da realização do trabalho. Entretanto, ela poderá aproveitar ulteriormente os ganhos obtidos em uma das células e expandi-los por toda a planta.

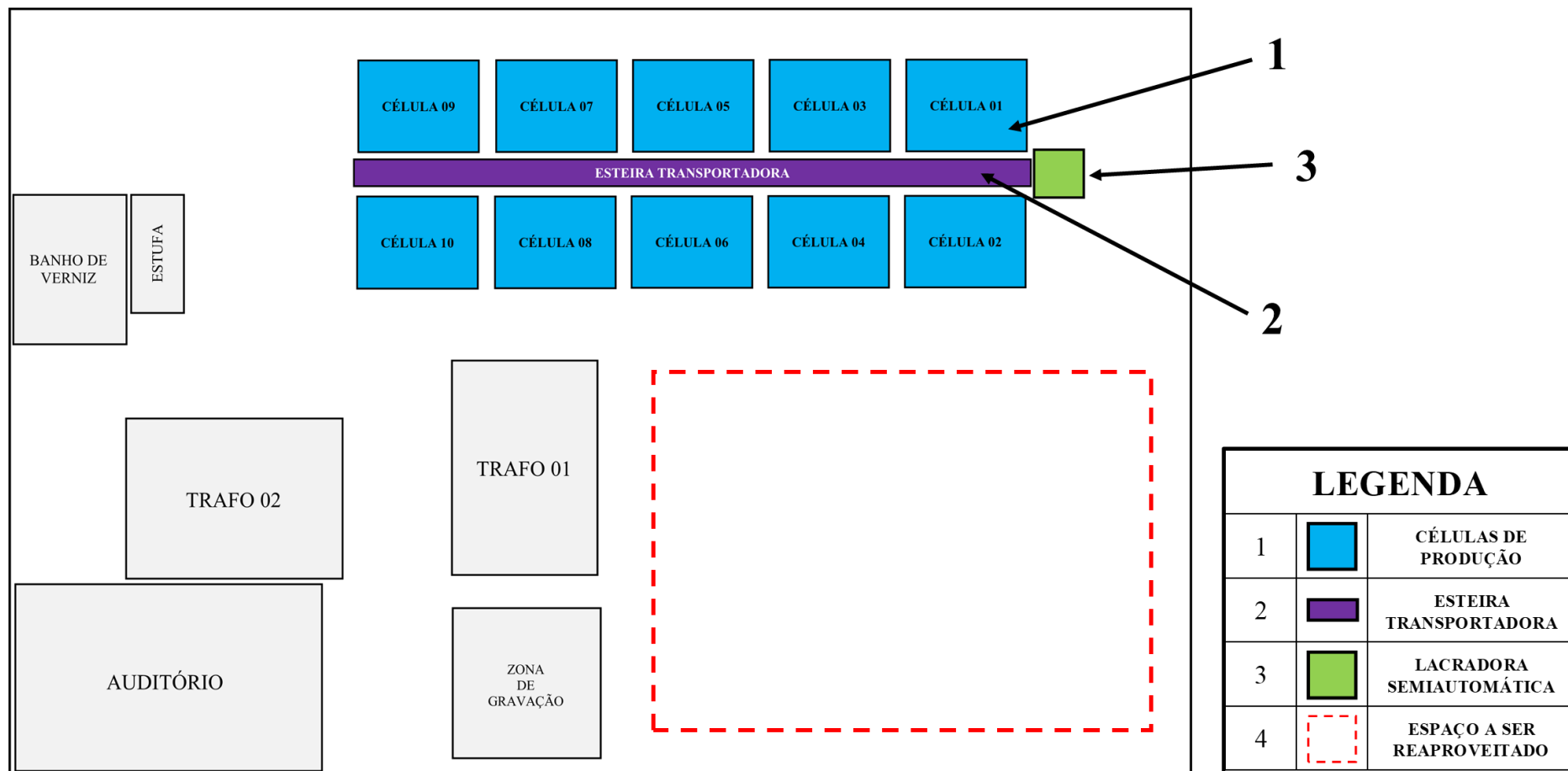


Figura 10 – Expansão do *layout* proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Conclusões.

Com a conclusão da pesquisa, conclui-se o alcance do seu objetivo, pois, por meio da reestruturação do *layout* da empresa, reduziu-se os desperdícios de movimentações e transporte, utilizando-se de elementos da Engenharia de Métodos e *Layout* Fabril, melhorando assim seu fluxo produtivo. O diagnóstico do cenário da empresa foi primordial para isto, permitindo identificar oportunidades de melhoria recorrentes no processo de fabricação.

A identificação dos desperdícios, mediante a ótica da *Lean Manufacturing* tende a trazer outros novos resultados ao objeto de estudo, por meio da replicação deste estudo em outras células produtivas da empresa, com foco em outros produtos que ela produz. Assim como em outras unidades do grupo distribuídos pelo Brasil. Cumulativamente, o melhoramento do fluxo ocasionará em diversos outros ganhos sucessivos, relativos aos clientes internos, intermediários e externos.

A longo prazo, a modificação do *layout*: diminuirá tempo de entrega dos produtos, já que o Tempo Padrão deles também será reduzido, ou seja, atenderá demandas de maneira mais rápida; redução do desperdício por Superprocessamento, não necessitando de mais etapas que o necessário para ser o produto ser completamente finalizado; aumento do Nível de Serviço da empresa e reduzirá reclamações de clientes quanto a atrasos de entrega; redução do desperdício de Superprodução, afinal, se a empresa produz a demanda necessária de um produto em menos tempo, pode-se dedicar à fabricação de outros modelos, aumentando ainda mais o mix de produtos.

Também vale citar o aumento do nível de aprendizado e engajamento dos colaboradores da operação, à medida que eles vão se adaptando aos novos meios para produzir no novo cenário da empresa. Isso significa que também poderá ser reduzido o oitavo desperdício: o intelectual. A implantação de métodos alinhados ao novo formato contribuirá para o desenvolvimento da melhoria contínua na empresa. A matriz de habilidades dos trabalhadores será otimizada, por conta da dissolução de um setor da fábrica e os colaboradores também terão sua curva de aprendizado reduzida nas atividades de paletização, agregando mais conhecimento ao processo de manufatura.

Devido à redução do excesso de movimentos nas células, os colaboradores poderão desempenhar seu trabalho, porém com menor esforço, impactando em ganhos intangíveis para produção como um todo, a citar aumento da motivação, redução de fadigas, monotonia, dentre outros. Associado a isto, o ambiente de trabalho também poderá ter reduções de estresse diário, ao passo que colaboradores trabalham mais satisfeitos, motivados.

Dentre as limitações da pesquisa, destaca-se dificuldade em se compreender facilmente o processo produtivo completo. Pois a planta é relativamente ampla, sendo necessário monitoramento do fluxo por horas, em repetidos dias, para que nenhum detalhe fosse deixado de fora da análise.

Todavia, houve dificuldades de identificar quais atividades agregavam ou não valor, pois alguns operadores revezavam suas tarefas. Diversas vezes, o ritmo de tempo da operação foi afetado por fatores externos, como conversas paralelas, ou outras distrações dos colaboradores, complicando escolha dos colaboradores ideais para que realizasse o estudo de tempos. Por isso, demandou da pesquisa maior compreensão e análise dos fatores de tolerância, ritmo produtivo e velocidade dos operadores analisados.

Este trabalho contribuirá para literatura agregando novos conhecimentos para as áreas indústria de transformação e eletrônica no Brasil, além de engajar novos pesquisadores sobre importância e benefícios da utilização do arranjo celular e misto e melhoria contínua. Futuramente, a própria empresa poderá replicar este modelo de *layout* em outras unidades do grupo, que fabricam produtos semelhantes ou idênticos ao demonstrado. Se for estruturado de maneira robusta, este poderá ser um modelo referência para até mesmo outras empresas do setor.

Referências Bibliográficas.

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Faturamento do setor eletroeletrônico cresce 7% em 2021 e supera níveis pré-pandemia.** Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com551.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

AHMED, Sohel.; CHOWDHURY, Md Shafiqul I. Increase the Efficiency and Productivity of Sewing Section through Low Performing Operators Improvement by using Eight Wastes of Lean Methodology. **Global Journal of Researches in Engineering: J General Engineering**, v. 18, n. 2, p. 42–60, 2018.

BARNES, Ralph. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** 6. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

BRITO, Marlene.; *et al.* **The eighth waste: Non-utilized talent. Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges.** NY, USA: Nova Science Publisher, p. 151-63, 2019.

CASTILHO, Aldo. D. D.; NASCIMENTO, Anderson. C.; MENDES, Dayse. Otimização do *layout* de uma startup de artigos óticos. **Caderno Progressus**, v. 1, n. 2, p. 81–99, 2021.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória.** 3. ed. Barueri: Manole, 2014.

CIPRIANO, Jennifer. M. S. A.; LUCIANO, Erik. L. Melhoria no *layout* e endereçamento do estoque de chapas de aço em uma indústria do setor automotivo. *Revista H-Tec Humanidades e Tecnologia*, v. 4, p. 110–135, 2020.

CURY, Antônio. **Organização e métodos: uma visão holística.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Vale da Eletrônica enfrenta escassez de matéria-prima.** Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/vale-da-eletronica-enfrenta-escassez-de-materia-prima/>>. Acesso em: 27 set. 2022.

DOS SANTOS, José Rodolfo Laurentino. **Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPIs baseados nos sete desperdícios do Lean Logistics e no Balanced Scorecard.** 2021. 155 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

MARCATO, Marília, B. *et al.* Impactos da COVID-19 na indústria de transformação do Brasil. *we IE-UFRJ*, 2020.

FGV IBRE - Fundação Getúlio Vargas. **Evolução da escassez de insumos e matérias primas durante a pandemia.** Disponível em: <<https://blogdoibre.fgv.br/posts/evolucao-da-escassez-de-insumos-e-materias-primas-durante-pandemia>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

GENNARO, Carolina. K. *et al.* Proposta de alteração de *layout* para melhoria no fluxo de produção de uma Indústria Automotiva. **Revista Gestão Industrial**, v. 15, n. 1, p. 212–230, 2019.

GIL, Antônio. C. Como **Elaborar Projetos de Pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SCN - Sistema de Contas Nacionais.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?edicao=32075&t=resultados>>. Acesso em: 4 set. 2022.

MACHLINE, Claude. **Manual de Administração da Produção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1990.

MARCONI, Marina. A.; LAKATOS, Eva. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOURA Delmo A.; LIU Roberto D. Sistemas de produção, o uso de ferramentas adequadas para aumento de competitividade na área de tempos e métodos. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 1, p. 178–199, 2014.

NEUMANN, Clóvis.; SCALICE, Régis. K. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1. ed. [s.l.] Elsevier, 2015.

OH, Jun. Kyun. *et al.* Structural, tribological, and mechanical properties of the hind leg joint of a jumping insect: Using katydid to inform bioinspired lubrication systems. **Acta Biomaterialia**, v. 62, n. 15, p. 284–292, 2017.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção além da produção**. 1. ed. [s.l.] Bookman, 1997.

PAIVA, Denis. M. *et al.* Lean Manufacturing: Redução de Desperdícios e Apadronização do Processo. **Journal Of Open Research**, v. 3, n. 1, 2022.

PEINADO, Jurandir.; GRAEML, Alexandre. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. 1. ed. Curitiba: UnicenP, 2007.

RISSO, Lucas. A. **Procedimentos sistemáticos para projeto de layout para ambientes job shop**. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção e Manufatura, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

ROSSI, Monica; TERZI, Sergio. CLIMB: maturity assessment model for design and engineering processes. **International Journal of Product Lifecycle Management**, v. 10, n. 1, 2017.

SAHU, Bhavani *et al.* Application of Lean Tools in different Industries: A review. **Turkish Journal of Computer and Mathematics Education**, v. 12, n. 13, p. 2428–2435, 2021.

SCHAPIESKI, José C.; CAMPOS, Paulo. C. Padronização de tempos e métodos nas atividades de classificação, empacotamento e armazenagem na cooperativa de cidadania e meio ambiente. **Revista Extensão em Foco, Caçador**, v. 1, n. 1, p. 34–43, jun. 2013.

SILVA, Edna. L.; MENEZES, Estera. M. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SLACK, Nigel.; *et al.* **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

STEVENSON, William. J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2001.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel. T.; ROSS, Daniel. **The Machine that changed the World. The Story of Lean Production**. 1. ed. [s.l.] Free Press, 1990.

ZANDIN, Kajel. B.; MAYNARD, Harold B. **Maynard's Industrial Engineering Handbook**. 5. ed. [s.l.] McGraw Hill, 2001.