

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
UNIDADE BETIM – CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Izabelle Sousa Assis

Desenvolvimento de um novo *layout* para uma empresa de usinagem mecânica

Betim
2023

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
UNIDADE BETIM – CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Izabelle Sousa Assis

Desenvolvimento de um novo *layout* para uma empresa de usinagem mecânica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de TCC do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais, Unidade Betim, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação da Professora Âmara Fuccio Fraga e Silva.

Betim
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

A848d Assis, Izabelle Sousa

Desenvolvimento de um novo *layout* para uma empresa de usinagem mecânica / Izabelle Sousa Assis. – 2023.

53 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2023.

Orientadora: Profa. Ma. Âmara Fuccio de Fraga e Silva

1. Usinagem. 2. Soldagem. 3. Instalações industriais - Layout. 4. Segurança do trabalho. 5. Engenharia mecânica. I. Assis, Izabelle Sousa. II. Título.

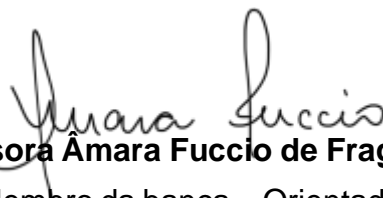
CDU: 621.71

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
UNIDADE BETIM – CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Izabelle Sousa Assis

Desenvolvimento de um novo *layout* para uma empresa de usinagem mecânica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de TCC do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais, Unidade Betim, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação da Professora Âmara Fuccio Fraga e Silva.



Professora Âmara Fuccio de Fraga e Silva

Membro da banca – Orientadora



Documento assinado digitalmente

EVANILTON JOSE ALVES BARBOSA

Data: 05/03/2024 17:56:32 -0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professor Evanilton José Alves Barbosa

Membro



Documento assinado digitalmente

ROGERIO EUSTAQUIO DE SOUZA

Data: 07/03/2024 08:02:47 -0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professor Rogério Eustáquio de Souza

Membro

Betim

2023

RESUMO

O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um novo layout, capaz de melhorar a produção de uma empresa de usinagem e soldagem, buscando reduzir os cinco desperdícios da gestão Toyota: superprodução, espera, transporte, movimentação excessiva e defeitos. O novo layout foi criado levando em consideração a segurança dos funcionários, visando garantir um ambiente de trabalho livre de acidentes. Com a implantação deste projeto, espera-se uma produção mais eficiente e livre de desperdícios, resultando em maior qualidade dos produtos e aumento da satisfação dos clientes.

Palavras-chave: *layout*; usinagem; soldagem; segurança; produção

ABSTRACT

The objective of the work is to develop a new layout capable of improving the production of a machining and welding company, aiming to reduce the five wastes of Toyota management: overproduction, waiting, transportation, excessive movement, and defects. The new layout was created taking into account the safety of employees, aiming to ensure a work environment free of accidents. With the implementation of this project, a more efficient and waste-free production is expected, resulting in higher product quality and increased customer satisfaction.

Key-words: *layout*; machining; welding; security; production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipologia de Operações	19
Figura 2 - Estrutura esquemática de um <i>layout</i> posicional	22
Figura 3 - Estrutura esquemática de um <i>layout</i> funcional	22
Figura 4 - Estrutura esquemática de um <i>layout</i> composto de três células distintas	23
Figura 5 - Estrutura esquemática de um <i>layout</i> por produto contendo três linhas	24
Figura 6 - Estrutura esquemática de aplicação de um <i>layout</i> misto em um restaurante	25
Figura 7 - Partes principais do torno	30
Figura 8 - Direção dos Cavacos dos Tornos	31
Figura 9 - Elementos de segurança para Soldagem com Arco Elétrico	32
Figura 10 - Layout Inicial	36
Figura 11 - Novo <i>Layout</i>	43
Figura 12 - Pontos de Estoque	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tipos de *Layout*. Volume x Variedade

25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Desperdícios	38
Quadro 2 - Mudanças com o Novo Layout	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carta de Multiprocesso	26
Tabela 2 - Exemplo de uma carta De - Para	27
Tabela 3 - Exemplo de Diagrama de Afinidades	28
Tabela 4 - Carta DE/PARA	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNC	Controle Numérico Computadorizado
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
MIG	Metal inert gas
MAG	Metal active gas
NR	Norma Regulamentadora
PCP	Plano de Controle de Produção
RPM	Rotações por minuto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 SISTEMAS PRODUTIVOS	16
2.2 FOMENTAÇÃO DO PCP E SUAS PROBLEMÁTICAS	18
2.3 <i>LAYOUT</i>	20
2.3.1 Tipos de <i>Layout</i>	21
2.3.2 Escolha do tipo de <i>Layout</i>	25
2.4 SEGURANÇA E MEDIDAS PREVENTIVAS	28
2.4.1 Usinagem	29
2.4.2 Soldagem	31
3. METODOLOGIA	33
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	34
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	34
4.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL	34
4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS	37
4.4 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE NOVO LAYOUT PARA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO	39
4.4.1 Identificação das vantagens e limitações do novo espaço físico	40
4.4.2 Definição do tipo de layout a ser adotado	40
4.4.3 Carta DE/PARA	41
4.4.4 Elaboração do novo Layout	42
5. CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50
ANEXO – FORMULÁRIO DE PERGUNTAS REALIZADAS À EQUIPE DA EMPRESA	53

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade entre as empresas, os clientes têm sido mais exigentes com outros parâmetros além do preço, como o prazo de entrega, o atendimento e a qualidade. Nesse sentido, para uma firma se manter é preciso ser minuciosa com essas questões, estruturando um Plano de Controle de Produção eficiente, uma vez que esse tem a função de orientar o sistema produtivo, definindo o que será produzido, por quem, quando e onde (PASQUINI, 2016).

Por isso, a melhoria do processo produtivo é sempre um objetivo das empresas na busca de maximizar os lucros (TUBINO, 2009) e deve ser feita colocando a qualidade de vida e a saúde dos indivíduos como prioridade (PINHEIRO, 2012). Assim, é imprescindível uma organização eficiente das pessoas e máquinas em um espaço físico, o que evidencia a importância do *layout*.

Isso ocorre, uma vez que o estudo do *layout* tem como objetivo desenvolver um arranjo físico entre os colaboradores e os maquinários, buscando otimizar a produção (JONES; GEORGE, 2008). O arranjo correto de um *layout* é imprescindível para uma produção eficiente (PARANHOS FILHO, 2007), sendo que sua ausência pode ser considerada um desperdício (Ohno, 1997) ou uma anomalia (Falconi, 2013). Dessa forma, muitas vezes surge a necessidade de reconstruir as funções no espaço físico. Contudo, esse processo de alteração pode gerar custos consideráveis e em algumas circunstâncias essa mudança pode ser até inaplicável (PARANHOS FILHO, 2007).

Por isso, é imprescindível destacar a importância das variáveis referente ao assunto. Slack, Chambers e Johnston (2009), por exemplo, evidencia a importância de considerar o volume de produção e a variedade de produtos para a escolha do arranjo físico, dando enfoque no processo de fomentação dos bens de consumo para fazê-lo. Russel (2002), por sua vez, considera outras temáticas, como a facilidade de manutenção dos equipamentos, o ambiente da atmosfera de trabalho, o volume de capital a investir, o grau de flexibilidade necessário, a facilidade de criação de pontos de estoque e etc.

Dessa forma, evidencia-se a importância de um *layout* e as questões que devem ser consideradas ao criá-lo, já que cada sistema produtivo possui suas especificações a serem consideradas. Uma empresa de usinagem mecânica, por

exemplo, deve considerar as suas características na fomentação de um *layout* eficiente e seguro, como a geração de material residual no processo de usinagem, o que pode ser potencial de acidentes.

Destarte, com o objetivo de gerar soluções válidas para as problemáticas do espaço físico de uma empresa de usinagem mecânica, esse trabalho está organizado em quatro partes principais. A primeira trata-se da revisão bibliográfica, a qual atua como alicerce para orientar o trabalho de campo. Em seguida, é realizado o cronograma do projeto, em que é exposto o seu planejamento de forma cronológica, sendo possível analisar a viabilização da implantação do trabalho no tempo estimado.

A terceira parte discorre sobre o estudo de caso, em que é relatado todas as etapas empíricas do processo, como a coleta de dados metrológicos, entrevistas com colaboradores, implantação do *layout*, etc. Por fim, é feita a análise dos resultados mediante a fundamentação teórica e as conclusões obtidas desse estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A usinagem é definida como qualquer operação em que se altera a forma de um objeto gerando cavaco, material residual (MACHADO, 2009). Trata-se de um dos processos produtivos mais antigos conhecidos pela sociedade, praticamente desde a Idade da Pedra, quando pedras lascadas eram usadas para afiar lanças de caças. Já com a Revolução Industrial, século XVIII, surgiu a necessidade de fabricar peças em materiais e formatos diversos por meio desse sistema produtivo (CASARIN, 2018). Em razão dessa necessidade de flexibilidade, a usinagem é o processo de fabricação mais popular do mundo, uma vez que essa participa ou proporciona a integração de diferentes esferas produtivas (MACHADO, 2009).

Por outro lado, no contexto da empresa prestadora do serviço de usinagem, o processo produtivo se torna complexo devido à sua versatilidade e o arranjo físico pode sofrer algumas problemáticas em razão desses atrativos, uma vez que, segundo Machado (2009), há uma gama de operações e equipamentos de usinagem, como a Fresadora Universal, os Tornos e Mandrilhadoras, que são organizados e acessados conforme o tipo de produto a ser feito e à ordem de produção.

Além disso, outros fatores podem impactar na eficiência produtiva da usinagem, como o processo da soldagem e outros maquinários como prensas e serras que exigem algumas características específicas de implantação no espaço físico disponível.

Dessa forma, considerando que a estruturação adequada do *layout* é indispensável para a produção eficiente (PARANHOS FILHO, 2007) e que seu processo de alteração pode ser caro ou impossível de ser realizado (PARANHOS FILHO, 2007), deve-se avaliar os sistemas de produção existentes de forma minuciosa, assim como as estratégias de Plano de Controle de Produção e a saúde e segurança da equipe para desenvolver um *layout* adequado em uma empresa de usinagem mecânica especializada em manutenção e fabricação de equipamentos para máquinas perfuratrizes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um *layout* ergonômico e que otimize a produção de uma empresa de usinagem mecânica, localizada em Contagem, Minas Gerais. A empresa estudada presta serviços de manutenção industrial e fabricação, com especialização em equipamentos para máquinas perfuratrizes.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consistiram-se em:

- a) Levantar dados de produção da empresa antes da implantação do *layout* novo.
- b) Identificar os principais problemas do *layout* antigo.
- c) Medir a dimensão de maquinários e equipamentos.
- d) Medir a dimensão do espaço físico da empresa.
- e) Aplicar método de projeto de *layout*.

- f) Projetar novo *layout* da empresa.
- g) Implantar o *layout* novo.
- h) Identificar as principais vantagens obtidas com o novo *layout*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS PRODUTIVOS

O sistema produtivo consiste em operações de transformação, em que são utilizados insumos para fabricar produtos de valor aos consumidores. Por isso, as empresas normalmente são analisadas mediante esse processo, uma vez que ele é responsável pela finalidade da existência dessas organizações (TUBINO, 2007).

Em razão disso, a otimização da produtividade é sempre um objetivo, o que torna imprescindível estudar os diferentes métodos de produção para expor a viabilidade desses em casos localizados, já que produtos, indústrias e mercados possuem características produtivas, técnicas e mercadológicas específicas (TUBINO, 2009; MARTINS; LAUGENI, 2005). Assim, é válido estudar as classificações de diferentes autores em relação a essas operações.

Moreira (1998), por exemplo, catalogou os sistemas por meio do que nomeou como Classificação Tradicional, a qual considera a sequência de confecção dos produtos como base para definir suas prioridades:

- Sistema de Produção em linha ou contínua: tem um fluxo linear, formando produtos em grande quantidade, altamente padronizados e de baixo custo, mas com pouca flexibilidade de customização dos bens de consumo, diminuindo o contato com o cliente e o seu poder de escolha.
- Sistema de Produção intermitente: as operações são realizadas por lotes, não existindo um fluxo linear, o que exige que o arranjo físico seja mais flexível, uma vez que deve se adaptar a demanda. Ainda assim, é válido dividir esse tipo de sistema em duas subclassificações:
 - Por lotes: após fabricar um produto outros produtos ocupam o lugar das máquinas e esse produto só será fabricado novamente depois de algum tempo.
 - Por encomenda: o cliente apresenta o projeto e, assim, restringe o sequenciamento de produção.

- Sistema de Produção de grandes projetos sem repetição: é confeccionado um produto único, havendo um fluxo com pouca ou nenhuma repetitividade e com quase nenhuma padronização.

Porém, ainda que didática, a classificação Clássica se restringe ao fluxo de produção, o que geralmente é suficiente para definir os sistemas industriais, mas se torna deficiente quando observada em relação aos serviços. Por isso, Schroeder (1981 apud MOREIRA, 2008) sugere a classificação cruzada de Schroeder para esses casos, sendo que esse sistema tem enfoque no tipo de atendimento ao consumidor e pode ser dividido da seguinte forma:

- Sistemas orientados para estoque: serviço rápido, de baixo custo, mas a flexibilidade de escolha do cliente é baixa.
- Sistemas orientados para encomenda: as operações de produção são diretamente ligadas ao cliente, definindo com ele o preço e o prazo, sendo que cumprir com o prazo é o maior desafio a ser atingido e, por isso, seus dados evidenciam a competência do sistema produtivo aplicado.

Tubino (1997), já definiu os tipos de sistemas de produção de maneira mais ampla e dividida:

- Grau de padronização:
 - Sistemas que fomentam produtos padronizados: bens de consumo repetidos, com quase nenhuma diferenciação e produzidos em larga escala.
 - Sistemas que produzem produtos sob medida: produtos feitos conforme a demanda do cliente.
- Operação:
 - Processos contínuos: o processo não pode ser desmembrado e identificado separadamente, sendo os produtos e processos interdependentes.
 - Processos discretos (massa, lote e projeto): são aqueles em que os produtos e serviços podem ser isolados, sendo capaz de visualizar suas unidades. A produção em massa é feita em escala e altamente padronizada, já a de lote é quando se tem

um volume médio de produtos padronizados e o sistema de projetos é quando se fabrica um produto para uma necessidade específica.

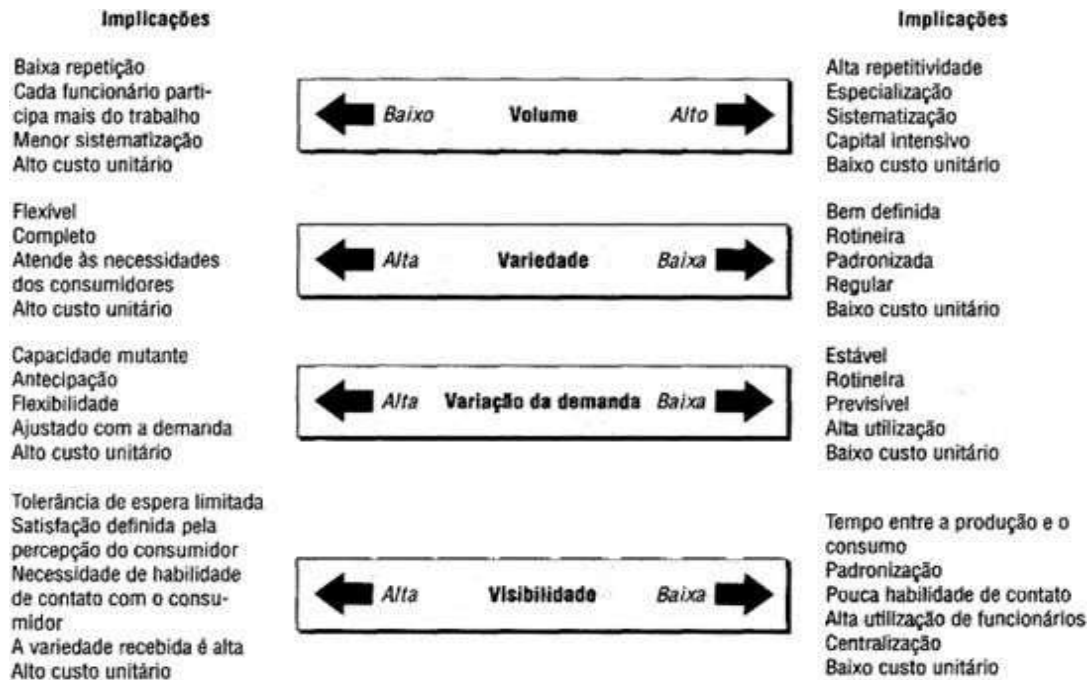
- Natureza do produto.
 - Manufatura de bens: o produto fabricado é palpável
 - Prestador de serviços: o produto fabricado é um serviço

Dessa forma, é possível observar que apesar das semelhanças entre os sistemas produtivos, há muitas variáveis a serem consideradas na hora de estudá-los e definir qual é o melhor método a ser utilizado em um caso específico a fim de otimizar a lucratividade.

2.2 FOMENTAÇÃO DO PCP E SUAS PROBLEMÁTICAS

Tendo a exemplificação dos tipos de produção é possível analisar as características de um sistema produtivo de maneira crítica. Slack, Chambers e Johnston (2002), por exemplo, evidencia a tipologia de operações apresentando algumas de suas consequências na Figura 01.

Figura 1 - Tipologia de Operações



Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002)

Dessa forma, considerando as tipologias de operações evidenciadas por Slack, Chambers e Johnston (2002), é possível compreender as vantagens de cada sistema produtivo, assim como possibilita a busca por estratégias mais eficientes para atenuar as suas desvantagens.

Levando isso em consideração, é possível entender a razão da manufatura enxuta ou sistema Toyota não ter enfoque na demanda propriamente caracterizada, mas justamente nas problemáticas encontradas na produtividade, uma vez que segundo Ohno (1997) esse é um sistema que se preocupa com a absoluta eliminação do desperdício, buscando fomentar produtos diversos e em pouca quantidade, o que é uma novidade em relação às classificações anteriores. Um dos pilares da sustentação dos seus sistemas é o *Just-in-time* que é um termo que significa “Na hora certa” e indica o momento necessário e na quantidade necessária, podendo chegar até ao estoque zero. Dessa forma, considera-se que: Capacidade atual é igual ao trabalho mais desperdício.

A eliminação completa desses desperdícios, superprodução, tempo de espera, transporte, processamento em si, estoque, movimento e produtos defeituosos é o objetivo da manufatura enxuta (Ohno, 1997).

Falconi (2013), por sua vez, evidencia que para criar um PCP é preciso primeiro conter as anomalias para que seja possível agregar valor à empresa, uma vez que essas só agregam custo e devem ser eliminadas para a melhoria da produtividade.

Anomalias são quebras de equipamento, qualquer tipo de manutenção corretiva, defeitos em produto, refugos, retrabalhos, insumos fora de especificação, reclamações de clientes, vazamentos de qualquer natureza, paradas de produção por qualquer motivo, atrasos nas compras, erros em faturas, erros de previsão de vendas, etc. Em outras palavras, são todos os eventos que fogem do normal (Falconi, 2013).

Dessa forma, o PCP é responsável por, considerando as características de cada negócio, definir o que será produzido, assim como o lugar das operações e os responsáveis por realizá-las (PASQUINI, 2016). Russomano (2000), considera que é responsabilidade do PCP emitir as ordens de produção, programá-las, definir a ordem em que serão produzidas, a quantidade e a movimentação dessas, assim como a gestão de estoque e acompanhamento da produção.

Essa visão mais ampla do PCP também é evidenciada por Slack, Chambers e Johnston (2009) ao considerar a importância de coletar dados de diferentes setores da empresa para se obter uma visão detalhada do sistema produtivo a fim de fazer um planejamento eficaz. Groove (2010), por fim, esclarece que o *layout* se refere à organização física dos equipamentos, os quais precisam ser postos em grupos lógicos, evidenciando a importância do *layout* para um PCP eficiente.

2.3 LAYOUT

O *layout* é o arranjo físico entre os funcionários e as máquinas e o seu estudo tem como objetivo otimizar a produção (JONES; GEORGE, 2008). Além disso, sua análise costuma ter enfoque na movimentação de material, a qual corresponde ao movimento dos equipamentos e produtos dentro da empresa e, segundo Kulwiec (1985) pode incluir até as instalações de fornecedores e clientes. Essa definição nos

apresenta a importância do *layout*, uma vez que essa influência em todo o sistema produtivo.

Por isso, sua definição de maneira adequada é imprescindível para uma produção eficiente e caso o contrário ocorra ele pode ser um gargalo para empresa, sendo necessário mudá-lo. Porém, esse processo de alteração pode ser custoso ou até inaplicável (PARANHOS FILHO, 2007).

2.3.1 Tipos de *Layout*

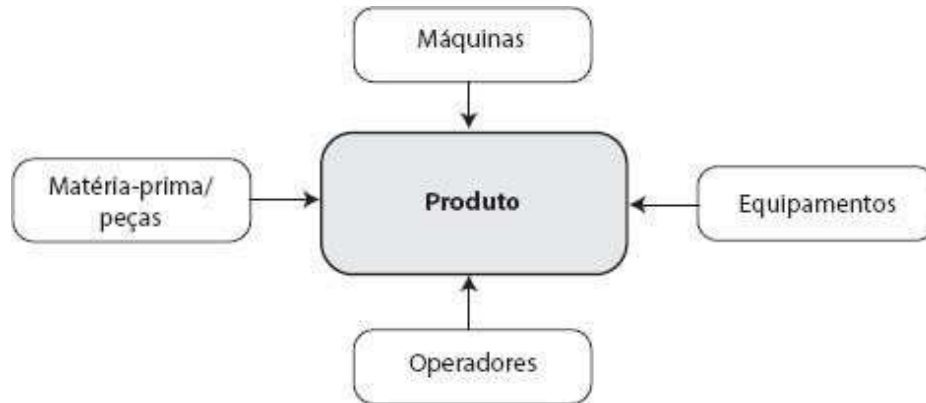
Há muitos tipos de *layouts*, sendo que esses se adaptam às variantes do processo produtivo, como quantidade, diversidade e movimentação (BORDA, 1998). Assim, os tipos de *layouts* normalmente utilizados são classificados de maneira genérica, por diversos autores da seguinte forma:

- Arranjo físico posicional
- Arranjo físico funcional
- Arranjo físico celular
- Arranjo físico por produtos

O arranjo físico posicional é caracterizado pela produção de produtos com uma dimensão considerável, em que os recursos e colaboradores se movimentam ao seu redor enquanto este fica parado, como ocorre na fabricação de navios (OLIVÉRIO, 1985).

Esse tipo de *layout* ocorre quando o produto que está sendo fomentado é colocado em um lugar fixo e os recursos humanos e os materiais se deslocam a sua volta para construí-lo (NORUMA, 2013), como é evidenciado no esquema da Figura 02.

Figura 2 - Estrutura esquemática de um *layout* posicional

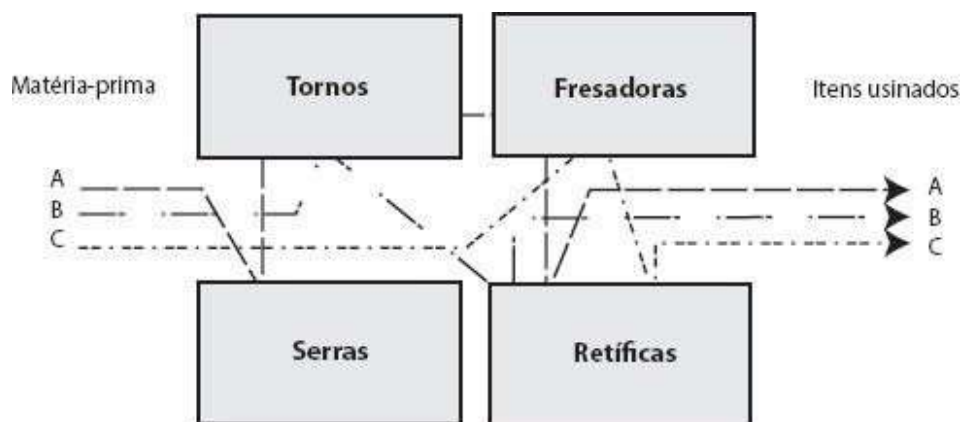


Fonte: Neumann e Scalice (2015)

O arranjo físico funcional, por sua vez, é mais útil para a fabricação de uma grande variedade de produtos, em que há um agrupamento de operações e um roteiro a ser seguido (OLIVÉRIO, 1985). Deve ser bem planejado, devido a sua alta flexibilidade (BLACK, 1991).

Esse arranjo físico é caracterizado mediante a escolha de operações e máquinas semelhantes, agrupadas em um mesmo ambiente. É o *layout* em que, como seu nome evidencia, as classificações são separadas por processos, formando departamentos especializados em um mesmo tipo de operação e, conseqüentemente, em um mesmo tipo de função (NEUMANN; SCALICE, 2015), como evidencia a Figura 03.

Figura 3 - Estrutura esquemática de um *layout* funcional

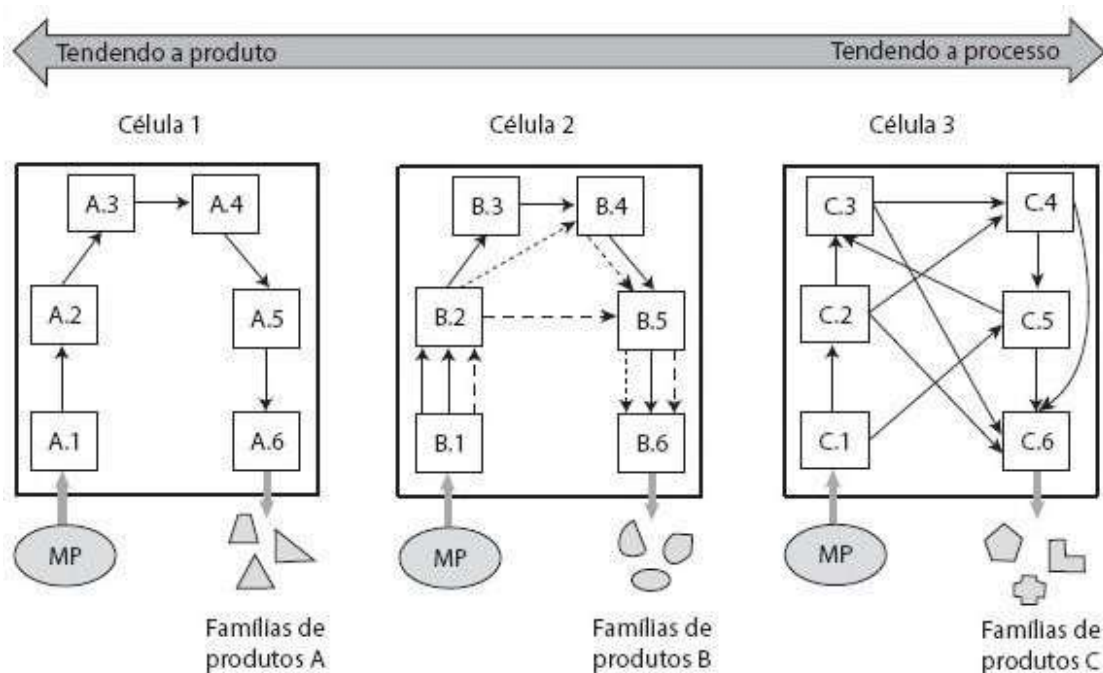


Fonte: Neumann e Scalice (2015)

O arranjo físico celular, segundo Groover e Zimmers (1984), se caracteriza também pelo agrupamento, mas nesse caso ocorre uma pré-seleção de materiais que entram no sistema produtivo já de forma direcionada aos seus postos, sem seguir todo o roteiro do processo e sendo inserido apenas onde será utilizado para a confecção das peças.

De maneira mais didática, Slack, Chambers e Johnston (2009), define o *layout* celular como aquele em que se objetiva estruturar mini fábricas para diferentes tipos de produtos, já que o ambiente é adaptado para otimizar a ordem produtiva considerando a especificidade de cada tipo de mercadoria, como é exemplificado pela Figura 04.

Figura 4 - Estrutura esquemática de um *layout* composto de três células distintas

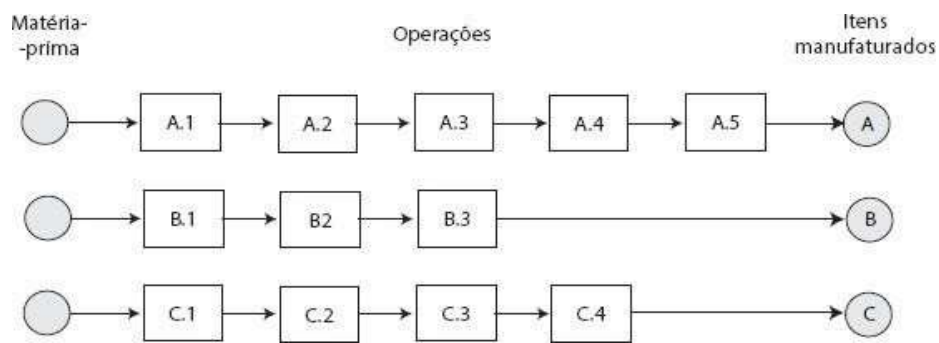


Fonte: Neumann e Scalice (2015)

Por fim, dos *layouts* clássicos, podemos citar também o arranjo físico por produtos, conforme ilustra a Figura 05. Esse é representado por sua padronização, em que os processos e colaboradores já têm um lugar pré-definido no sistema, seguindo a melhor sequência de transformação e buscando o arranjo físico otimizar a movimentação do material (BLACK, 1991).

Esse tipo de arranjo é utilizado quando se objetiva confeccionar produtos muito semelhantes, com alta padronização e em grandes volumes, levando os materiais a seguirem um fluxo linear de produção (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Figura 5 - Estrutura esquemática de um *layout* por produto contendo três linhas

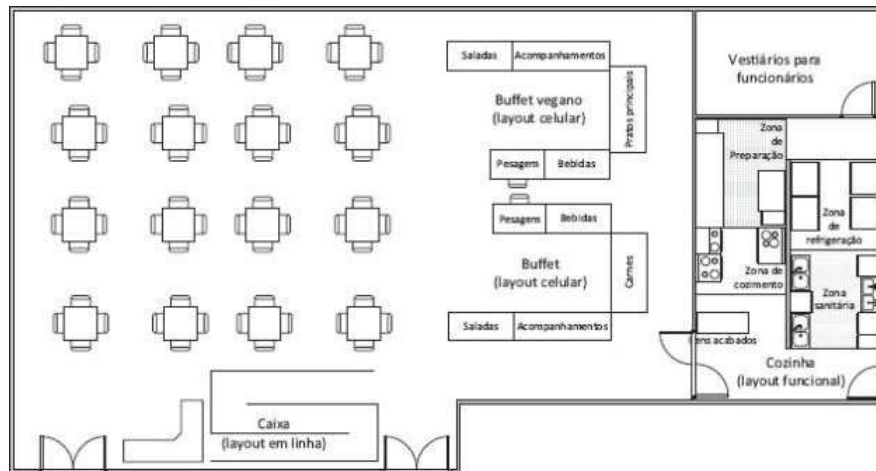


Fonte: Neumann e Scalice (2015)

Ademais, também há autores, como Neumann & Scalice(2015) que citam os *layouts* mistos, conforme ilustra a Figura 06, os quais surgem da utilização de mais de um tipo de *layout* clássico em uma mesma unidade produtiva. Isso ocorre, em resultado da alta variedade de produtos e processos produtivos em um mesmo sistema industrial.

Por fim, devido às particularidades de cada sistema produtivo, uma organização pode notar que nenhuma das tipologias clássicas de arranjos atende o sistema produtivo da maneira mais eficiente possível, optando por mesclar suas características (NORUMA, 2013).

Figura 6 - Estrutura esquemática de aplicação de um *layout* misto em um restaurante

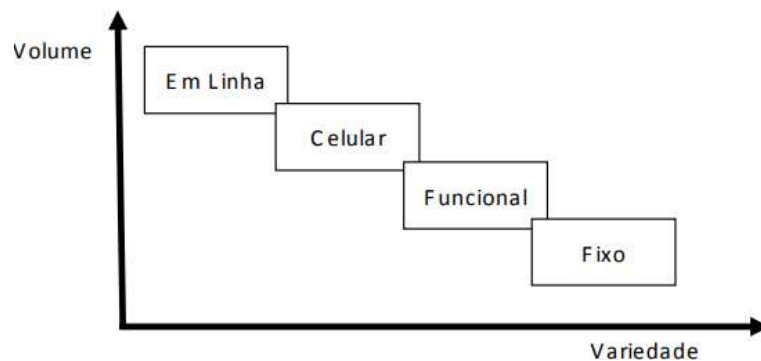


Fonte: Neumann e Scalice (2015)

2.3.2 Escolha do tipo de *Layout*

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), para decidir as características do arranjo físico devem ser considerados o volume de produção e a variedade de produtos, sendo capaz de diminuir consideravelmente as opções viáveis para cada caso, como mostra o Gráfico 01.

Gráfico 1 - Tipos de *Layout*: Volume x Variedade



Fonte: adaptado de Silveira apud Hepfner (1998)

Neumann e Scalice (2015), considera também a sequência de sistema produtivo como alicerce para criar um *layout* e, inclusive, cita diferentes estratégias que podem ser usadas para facilitar a montagem dos projetos em esquemas grandes e complexos. Entre elas, pode-se citar a carta de multiprocessos, Tabela 01, que

Peinado e Graeml (2007) descreve como uma cartilha em que se junta todos os produtos, traçando o sequenciamento de produção de cada um.

Tabela 1 - Carta de Multiprocesso

Processo	Peça a ser produzida – Seqüência de operações								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 - Soldar		1			2	2	1		
2 - Cortar	1			1		3	2	1	1
3 - Prensar	2			2				2	
4 - Furar		2	1		1	1			
5 - Rebarbar									2
6 - Pintar								3	3
7 - Embrulhar	3	3	2	3	3	4	3	4	4
8 - Colocar na caixa	4	4		4	4	5	4	5	5
9 - Expedir									

Fonte: Peinado e Graeml (2007)

De acordo com Neumann e Scalice (2015), a carta de multiprocessos é útil, principalmente em sistemas por produto, uma vez que permite visualizar o início e término do processamento, assim como a semelhança entre a produção de diferentes bens de consumo e, com isso, viabiliza a criação de grupos de processos lineares.

Borda (1998), descreve a carta De-Para, Tabela 02, como estratégia para criação de *layouts* por processo, em que é disposto o sequenciamento produtivo como uma matriz. Cada letra maiúscula na tabela, "A", "B", "C", "D", "E", indica um produto, a coluna da esquerda representa o setor de origem de cada produto e as demais colunas os locais de destino do produto, mostrando o sequenciamento produtivo.

Tabela 2 - Exemplo de uma carta De – Para

De \ Para	1 Cortar	2 Centrar	3 Tornear	4 Mandrilar	5 Fresar	6 Retificar	7 Tratamento térmico
1 Cortar	-	ABC			E		
2 Centrar		-	BD	C	A		
3 Tornear			-	B		D	C
4 Mandrilar			C	-			B
5 Fresar					-	A	E
6 Retificar						-	D
7 Tratamento térmico							-

Fonte: Neumann e Scalice (2015)

Neumann e Scalice (2015), descreve a carta de afinidade, Tabela 03, comumente usada em *layouts* que utilizam células, em que se tem uma matriz triangular, na qual é descrito todos os diferentes postos de trabalho que ocupará o espaço, assim como o nível de afinidade entre esses.

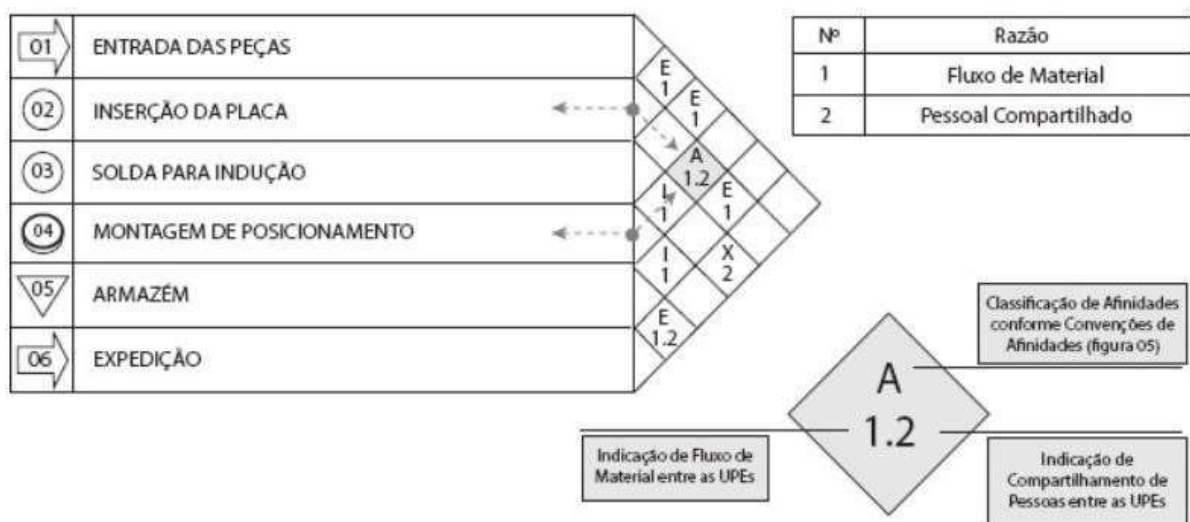
A carta de afinidade é composta por um conjunto de cartões, onde cada cartão representa uma ideia, tarefa, objeto ou etapa do processo que está sendo estudado. Esses cartões são agrupados em categorias ou grupos, com base em relações lógicas ou semelhanças identificadas.

A criação da carta de afinidade envolve várias etapas. A equipe responsável pela análise do layout reúne-se e identifica todas as variáveis relacionadas ao projeto. Cada variável é escrita em um cartão separado, com uma breve descrição, representado pelo losango na Tabela 03.

Em seguida, esses cartões são organizados em uma área de trabalho, como uma mesa ou um quadro branco. A equipe começa a agrupar os cartões semelhantes, levando em conta as relações ou afinidades entre eles. Esses agrupamentos podem ser baseados em critérios como função, uso, similaridade ou sequência lógica. Uma vez que todos os cartões estão agrupados, a equipe analisa as relações entre os grupos e verifica se é necessário criar subgrupos.

Esse processo pode envolver a movimentação de cartões e a reorganização dos grupos existentes. O resultado final é uma estrutura visual que representa os diferentes elementos do processo, suas interações e as relações de afinidade entre eles. Esse formato facilita a compreensão de como as variáveis impactam uns aos outros, permitindo que a equipe encontre soluções de layout mais eficientes.

Tabela 3 - Exemplo de Diagrama de Afinidades



Fonte: Neumann e Scalice (2015)

Russel (2002), por sua vez, abrange essa problemática ao considerar que um projetista de *layout* deve analisar outras variáveis importantes para a confecção do mesmo que não se restringe ao sequenciamento de produção, como a facilidade de manutenção dos equipamentos, o ambiente da atmosfera de trabalho, o volume de capital a investir, o grau de flexibilidade necessário, a facilidade de criação de pontos de estoque e etc.

Dessa forma, evidencia-se que várias questões devem ser consideradas ao criar um *layout*, assim como cada sistema produtivo possui suas especificações a serem consideradas.

2.4 SEGURANÇA E MEDIDAS PREVENTIVAS

A segurança do trabalho, segundo Pinheiro (2012), é um conjunto de normas que são empregadas objetivando minimizar doenças ocupacionais e acidentes.

Assim, aprendendo com os erros do passado, como na Revolução Industrial em que o adoecimento dos trabalhadores estava diretamente relacionado com o processo de produção implantado pelo capitalismo, deve-se colocar a qualidade de vida e a saúde como prioridade dentro das organizações produtivas.

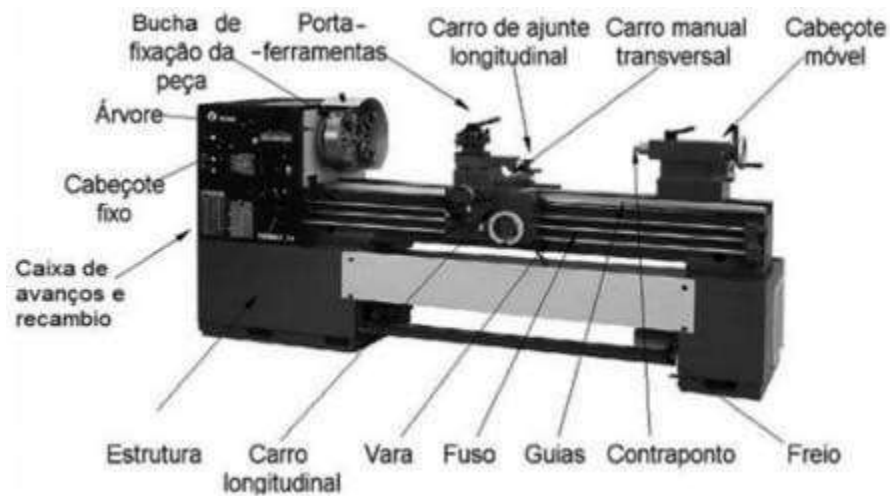
2.4.1 Usinagem

A análise do ambiente de trabalho é uma medida imprescindível para minimizar e controlar os riscos, principalmente quando se utiliza maquinários, como é o caso do processo de usinagem (MENEZES; LUNA, 2021), o qual possui uma considerável diversidade do sistema produtivo (MACHADO, 2009).

Usinagem é uma operação em que se produz cavaco, material residual retirado da peça por meio de uma ferramenta, conferindo forma, dimensões e acabamento. Para fazê-lo, utilizam-se ferramentas e máquinas que, considerando suas características, podem realizar a operação de usinagem de diferentes formas, o que torna a usinagem o processo de fabricação mais popular do mundo. O primeiro torno com avanço automático, por exemplo, foi criado em 1797, por Henry Maudslay. Em 1862 foi desenvolvida por J. R. Brown a fresadora universal e em 1960 surgiu a retificadora (MACHADO, 2009).

A Figura 07, mostra algumas partes importantes do torno universal, uma das principais máquinas-ferramenta de usinagem, sendo as pastilhas suas ferramentas de corte. A peça é fixada na porta-ferramentas (CASARIN, 2018).

Figura 7 - Partes principais do torno



Fonte: Casarin (2018)

Alguns autores evidenciam também a importância do eixo-árvore. Eixos-árvore sustentam os elementos de máquinas e quando são giratórios usualmente movimentam juntamente com seus elementos. Além disso, os eixos-árvores podem ser maciços ou vazados e no caso dos tornos o eixo-árvore vazado facilita a fixação de peças compridas para usinagem (SENAI, 1998).

As máquinas mais utilizadas na usinagem são o torno mecânico e a fresadora, sendo que as duas máquinas, quando são convencionais, permitem rotação em torno de 1600 RPM, causando um risco potencial de acidentes aos operadores e funcionários adjacentes (MENEZES; LUNA, 2021). Em razão disso, algumas medidas de segurança precisam ser tomadas ao pensar no arranjo espacial do maquinário convencional de usinagem no sistema produtivo.

Barroso *et al.* (2018), por exemplo, cita algumas medidas utilizadas para evitar que o cavaco gerado nas máquinas atinja os operadores adjacentes, buscando inclinar os tornos e as fresadoras 30°, de maneira que o material residual “siga em campo aberto”, como mostra a Figura 08.

Figura 8 - Direção dos Cavacos dos Tornos



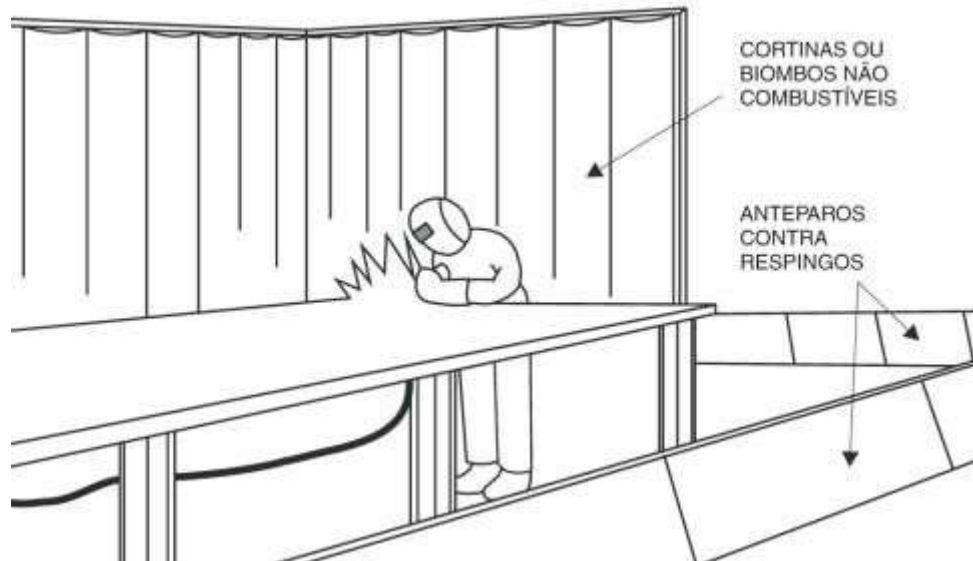
Fonte: Barroso *et al.* (2018)

2.4.2 Soldagem

Soldagem é o processo de união de materiais metálicos e não-metálicos, em que se pode utilizar a fusão ou não de peças. Entre as maneiras de se fazer esse procedimento por fusão há a utilização do arco elétrico, coluna de plasma, gás ionizado, entre a peça e um eletrodo, uma vez que esse chega a temperaturas na faixa de 6000°C, o que é capaz de fundir muitos metais e, por isso, é amplamente utilizado (MACHADO, 1996). Além disso, outra característica importante nesse tipo de processo é a utilização de gases de proteção para que a soldagem não se contamine com a atmosfera (PEIXOTO, 2003).

Por isso, o local de soldagem não deve conter líquidos inflamáveis, sólidos combustíveis e gases inflamáveis que possam reagir com o arco. Da mesma forma que deve ser instalado biombos e proteções não inflamáveis para evitar que as faíscas da solda atinjam outras estruturas e causem incêndios. Ademais, o local de trabalho deve possuir ventilação adequada, capaz de eliminar os gases e as fuligens, sendo que em alguns casos a ventilação ambiente é o suficiente para o fazer, mas em outros é necessário a instalação de coifas e ventiladores, como em poços, tanques e sótãos (ESAB WELDING & CUTTING PRODUCTS, 2009). A Figura 09, mostra, por exemplo, alguns elementos de segurança adequados para soldagem.

Figura 9 - Elementos de segurança para Soldagem com Arco Elétrico



Fonte: ESAB Welding & Cutting Products (2009)

Além disso, o armazenamento separado do cilindro de oxigênio e do cilindro de mistura de dióxido de carbono e argônio, bem como o isolamento desses de áreas de risco é fundamental para garantir a segurança industrial e prevenir acidentes graves. Armazenar o oxigênio separados do da mistura de dióxido de carbono e argônio é uma medida imprescindível para prevenir incêndios em ambientes industriais.

O CO₂ é incombustível, enquanto o O₂ é altamente inflamável e suporta a combustão. O armazenamento separado ajuda a evitar a formação de uma mistura explosiva de gás no caso de um vazamento ou acidente (LIMA, 2018).

3. METODOLOGIA

Uma pesquisa científica pode ser classificada quanto ao método, à natureza, os objetivos e à forma de abordagem do problema (TURRIONI; MELLO, 2011). O trabalho apresentado é uma investigação em uma empresa de pequeno porte de usinagem mecânica, tratando de aspectos relacionados ao *layout* industrial. Dessa forma, por se tratar da análise de apenas uma empresa, sendo um caso verídico e isolado, o seu método é classificado como estudo de caso, o qual se caracteriza por ser investigativo e empírico.

Contudo, segundo Miguel (2010) o estudo de caso deve ser ligado à literatura para que seja possível alcançar resultados satisfatórios. Por isso, a revisão bibliográfica foi a primeira etapa do desenvolvimento desse trabalho, com a finalidade de orientar as demais fases do estudo de caso.

A natureza da pesquisa é aplicada, uma vez que se entende que os conhecimentos obtidos por meio da pesquisa serão colocados na prática (TURRIONI; MELLO, 2011).

Em relação aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória, uma vez que a investigação dos problemas tem como finalidade aperfeiçoar o conhecimento sobre o assunto para a criação de teorias. (TURRIONI; MELLO, 2011). Para isso é utilizado como ferramentas a pesquisa literária, entrevistas com os colaboradores referente às suas experiências em relação ao assunto estudado. Ademais, com o auxílio de trenas, paquímetros e softwares, como o AutoCAD e o SolidWorks, foram colhidos dados na própria empresa, como a dimensão do espaço físico, a dimensão dos maquinários, a necessidade de circulação das peças dentro do sistema e etc.

Por fim, no que se refere à abordagem, a pesquisa qualifica-se como combinada, uma vez que utiliza aspectos tanto qualitativos quanto quantitativos. Uma abordagem quantitativa define que todos os resultados de uma pesquisa são baseados em ferramentas matemáticas. Já uma abordagem qualitativa entende que existe uma relação dinâmica entre a realidade, considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e seus aspectos sociais, sendo o ambiente natural origem dos seus dados (TURRIONI; MELLO, 2011).

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Usinagem Mecânica Tecnologia LTDA, conhecida também pelo nome fantasia de USMEC, estreou suas atividades no ano de 1997, produzindo diversas soluções industriais. No início desse trabalho sua sede estava instalada em um galpão de 300m², localizado no bairro Jardim Industrial, cidade de Contagem, estado de Minas Gerais e desde sua fundação não havia passado por mudança de localidade.

O parque industrial da empresa conta com Tornos Convencionais, Torno e Centro de Usinagem CNC, duas Furadeiras Radiais, Plaina Limadora, Plaina Limadora Vertical, Prensa Hidráulica Vertical e Horizontal, uma Serra de Fita, Máquina de Solda MIG MAG, Máquina de Solda com Eletrodo Revestido e Maçarico. Sua equipe possui sete colaboradores, cinco trabalham na operação e dois com a logística e administração.

A sequência de processos de cada produto dentro da empresa varia muito, uma vez que a usinagem é um processo de fabricação consideravelmente diversificado (MACHADO, 2009), o que é aproveitado pela empresa para que essa explore diferentes demandas. Assim sendo, a USMEC trabalha não apenas com a produção de mercadorias, mas também prestando serviços de manutenção industrial, reformando e recuperando peças e máquinas, principalmente no setor de perfuratrizes.

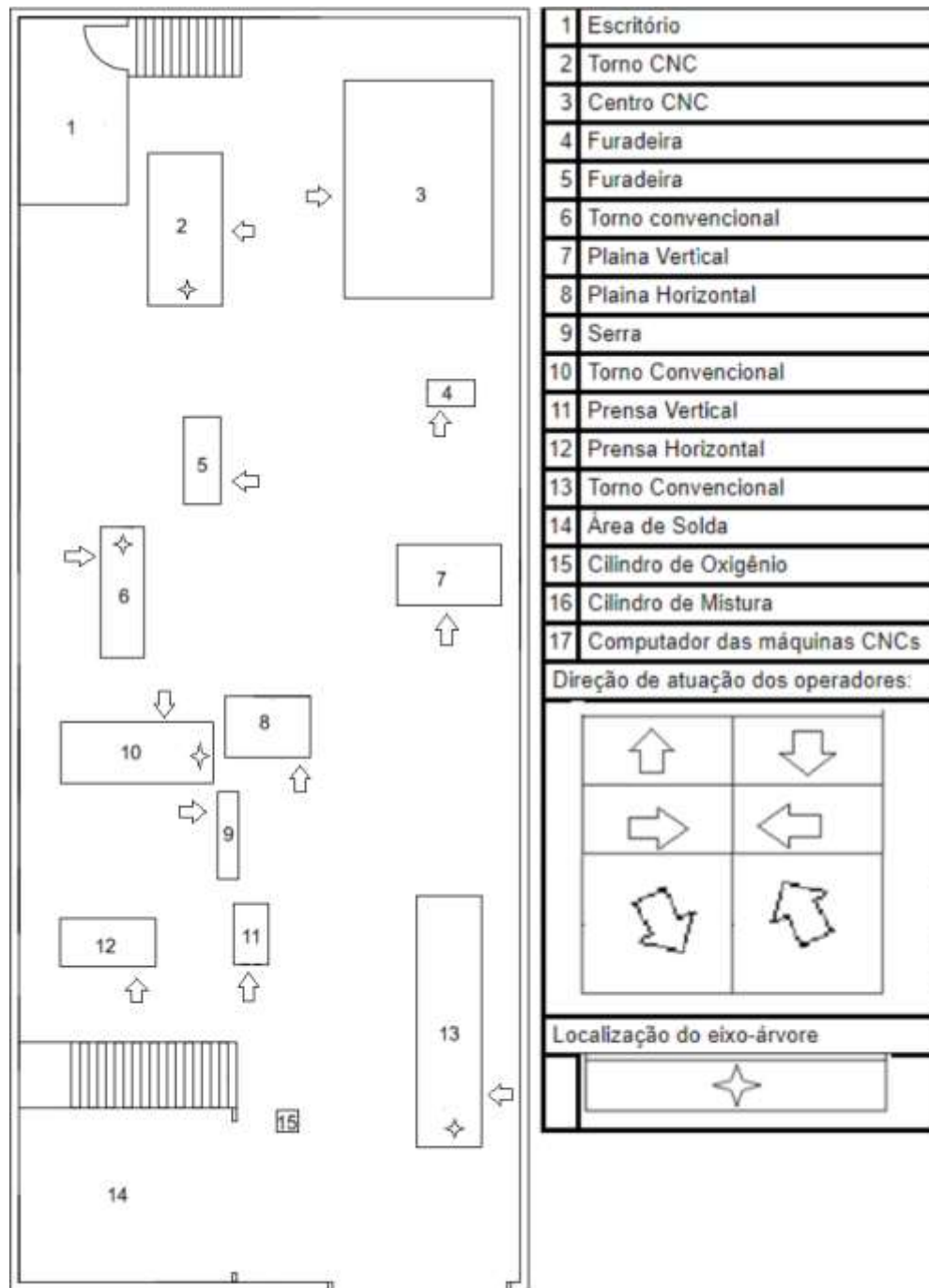
4.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL

O contexto de realização do trabalho se caracterizou pela necessidade de mudança de localidade da empresa, sendo o desenvolvimento de um *layout* não apenas uma oportunidade de otimizar o sistema produtivo, mas também uma necessidade de adequação dos setores industriais da empresa em um novo espaço físico.

A Zona industrial em que a empresa estava instalada passou por algumas ampliações em sua gama de maquinários no decorrer dos anos, como a compra de

Máquinas CNC, e não foi realizado o estudo do *layout* para assistir o fluxo de pessoas, matéria-prima e equipamentos, assim como a deposição dos elementos industriais não foram feitos considerando a plena segurança dos colaboradores ou do uso integral de todas as qualidades inerentes aos maquinários. A Figura 10 mostra o *layout* antigo da empresa.

Figura 10 - Layout Inicial



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Observando a área produtiva é possível ver que existem espaços vazios que não são aproveitados enquanto algumas máquinas estão muito próximas, sem um dimensionamento adequado de corredores para circulação de peças e pessoas ou

dos postos de trabalho, o que torna o fluxo produtivo caótico e maximiza o risco de acidentes. Devido a isso também é difícil classificar o tipo de *layout* utilizado, porque a divisão entre as áreas não é clara.

Ainda assim, conversando com a equipe e observando o ambiente é possível perceber que o espaço possui características do *layout* por processo, devido à proximidade de máquinas que efetuam a mesma operação (NEUMANN; SCALICE, 2015), como é o caso da maioria dos tornos, das prensas e da área de solda definida. Visualmente o *layout* também possui semelhanças com o arranjo físico celular, uma vez que maquinários que efetuam diferentes funções estão próximos em alguns ambientes devido a uma pré-seleção feita pelos colaboradores para fabricar um produto específico (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Esse é o caso da serra, da plaina limadora e do torno 13 que estão dispostos próximos para a fabricação de hastes para percussora.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS

Considerando a grande diversidade de atividades produtivas, entende-se que não há um padrão determinado para o fluxo das peças, o que dificulta o controle produtivo da empresa, assim como há uma cultura organizacional entre os colaboradores que define a localização dos elementos no ambiente baseada nos produtos fomentados, mas desconsiderando os estudos de *layout*, os sistemas produtivos, a gestão do espaço e a segurança da equipe, o que dificulta a fomentação de um arranjo físico adequado. No Quadro 01 é possível classificar alguns problemas ocasionados em razão desses desperdícios de acordo com a definição de Ohno, 1997.

Quadro 1 – Desperdícios

Desperdício	Descrição
Estoque	- Produção desnecessária de mercadorias devido à dificuldade de encontrar produtos, em razão da falta de um espaço delimitado e organizado para armazená-los.
Espera	- Devido à falta de controle visual é árduo para os operadores visualizarem o fluxo produtivo, o que faz com que alguns colaboradores fiquem com baixa carga de trabalho em razão da sobrecarga de trabalho de outros.
Transporte	- A disposição dos equipamentos foi feita sem priorizar o peso e as dimensões físicas das peças que cada maquinário possui capacidade de operar, acarretando em uma circulação de objetos de difícil circulação dentro da empresa que não seria necessária se houvesse um <i>layout</i> mais adequado. - Devido à falta de um espaço delimitado para o estoque muitas peças ficam dispersas pela empresa interrompendo o fluxo de pessoas e objetos.
Processamento	- Em decorrência da falta de uma estratégia para a fomentação do <i>layout</i> (carta de multiprocesso, carta de/para, diagrama de afinidades) ocorre uma movimentação desnecessária de peças, o que causa percas, avarias e consequentemente retrabalhos. - Muitas máquinas não estão dispostas considerando a sua capacidade produtiva, como é o caso de alguns tornos que, por estarem muito próximos de outras máquinas, tiveram a direção livre de suas árvores reduzidas, como é o caso do torno 10 e 2, impedindo a usinagem de peças compridas, o que causa aumento das etapas da produção de uma mercadoria ou até mesmo a terceirização ou recuso pela empresa de uma demanda de serviço por incapacidade produtiva. - A transferência dos dados da programação da usinagem para as máquinas CNCs é feita de maneira manual por meio de um pendrive. Por isso, o fato de o computador usado para programação da usinagem se encontrar a uma distância considerável das máquinas CNCs aumenta o tempo de produção das peças, uma vez que qualquer alteração que precise ser feita na programação demora a ser transferida para as máquinas CNCs.
Produção de itens defeituosos	Em decorrência da falta de espaços adequados para o armazenamento, alguns itens deixam de atender às especificações de qualidade devido à avarias e oxidação causadas nas peças.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Além disso, considerando o conceito de anomalias, proposto por Falconi, e analisando os relatos da equipe, é possível perceber que o *layout* possui alguns problemas. As máquinas 10, 8 e 9, por exemplo, foram dispostas sem pensar na necessidade de monitoramento e manutenção dessas, o que diminui a precisão e também a vida útil desses equipamentos, diminuindo a qualidade dos produtos e aumentando o custo e tempo de produção devido a paradas corretivas.

No que diz respeito à segurança e ergonomia da equipe, os setores de produção foram dispostos com muitas limitações. Não existe, por exemplo, a delimitação de um espaço adequado para cada operação, o que impede muitas vezes

que máquinas próximas sejam operadas ao mesmo tempo, como é o caso da máquina 10 e 9, uma vez que o torno 10 ao usinar algo próximo à placa gera material residual que coloca em risco a segurança do operador da máquina 9.

O espaço de solda possui um de seus lados sem nenhum tipo de isolamento para impedir a dissipação da luz branca pelo parque industrial da empresa e, observando a sua localidade próxima ao portão de entrada e, conversando com a equipe, é possível perceber que essa radiação atinge até mesmo os pedestres na rua, uma vez que usualmente a empresa trabalha com o portão aberto ou com grades que permitem a dissipação da luz.

Os gases inflamáveis utilizados no processo de soldagem estão dentro da área de solda, o que aumenta os riscos consideráveis de incêndio já que a área de solda é um lugar em que rotineiramente se trabalha com altas temperaturas e chamas e deve se evitar deixar gases inflamáveis armazenados próximos a ele. As máquinas estão dispostas desconsiderando os ruídos adjacentes e as necessidades de alguns setores de operarem com alta capacidade de silêncio, como é o caso do escritório que se encontra bem próximo ao centro de usinagem CNC, a máquina que pela sua robustez emite maior quantidade de ruído.

4.4 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE NOVO LAYOUT PARA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO

Uma vez reconhecidas as possibilidades de melhorias, assim como os desperdícios, as anomalias e as principais falhas de segurança relacionadas ao espaço físico, a direção da empresa concluiu que o estudo de um novo *layout* era imprescindível para melhorar o processo produtivo. Na proposta de melhoria foram utilizadas algumas ferramentas e conceitos abordados na revisão da literatura para fomentação de uma proposta adequada, orientando o projeto de um novo *layout* na seguinte ordem:

- Identificação das limitações e qualidades do novo espaço físico.
- Definição do tipo de *layout* a ser adotado.
- Aplicação da carta De/Para
- Elaboração do novo *layout*

4.4.1 Identificação das vantagens e limitações do novo espaço físico

O galpão escolhido para receber a nova sede da empresa se localiza no mesmo bairro, Jardim industrial, cidade de Contagem, Minas Gerais. Possui 360m² em seu piso principal, que dá acesso à rua, com apenas uma área construída em seu interior de aproximadamente 15 m² que foi selecionada para ser o escritório.

Referente ao pátio industrial, o piso era concretado, com um nivelamento considerável para a instalação das máquinas e uma rugosidade que não atrapalha a circulação de transportes de locomoção industrial. No entanto, o galpão não possuía outras ferramentas de locomoção, como a instalação de pontes rolantes.

O seu pé direito é de aproximadamente 6 metros e o portão de entrada do galpão é centralizado, o que foi considerado na colocação das máquinas devido a entrada e saída de caminhões para retirada e entrega de mercadorias de dimensões consideráveis para a locomoção.

As telhas e a calha do lado direito do galpão em relação à entrada, o mesmo lado do escritório, estavam passando por manutenção no decorrer do trabalho e provavelmente não ficariam prontas antes da mudança, o que também influenciou no posicionamento dos setores, uma vez que máquinas como as CNCs não suportam umidade, pois são equipamentos eletrônicos sensíveis que possuem várias partes móveis e componentes eletrônicos delicados. A umidade pode causar danos significativos a esses componentes e afetar o desempenho da máquina.

4.4.2 Definição do tipo de layout a ser adotado

Considerando o sistema produtivo da empresa o tipo de *layout* selecionado à princípio para ser implementado foi o funcional. Isso deve-se às características da produção da empresa que é conhecida por fomentar uma grande variedade de produtos, normalmente por lotes, com produção média e um roteiro de operações a ser seguido, qualidades que segundo Olivério (1985) caracterizam um *layout* por processo. Dessa forma, organizando os setores por processo, o fluxo produtivo fica

visualmente mais transparente e definido se comparado aos demais tipos de arranjos físicos.

Entretanto, o peso e as dimensões de alguns produtos específicos também foram considerados para a fomentação do *layout*, uma vez que a circulação excessiva de peças compridas e pesadas é indesejada. Dessa forma, essas mercadorias influenciaram diretamente na construção do *layout* e o moldou em parte para um sistema parecido ao de células, em que as máquinas ficam separadas não por seus processos, mas considerando a proximidade das operações que se seguem.

Assim sendo, temos como base um *layout* por processo, ainda que esse possa se tornar misto, por algum setor aderir às características do *layout* de células.

4.4.3 Carta DE/PARA

Borda (1998), descreve a carta De-Para como estratégia para criação de *layouts* por processo. Por isso, com a intenção de estabelecer relações de proximidade entre os setores produtivos foi confeccionada uma carta de/para considerando as principais mercadorias produzidas pela empresa.

Porém, tal carta foi adaptada para não apenas estudar os processos (cortar, fresar, tornear, furar e etc), mas também para considerar as máquinas mais viáveis para fabricar um produto. Um exemplo prático é a furação de uma peça que pode ser feita na furadeira, no torno CNC, no centro de usinagem CNC ou em um torno convencional.

O que será considerado para a realização da furação dessa peça é o custo-máquina, a eficiência em razão do tempo ou a necessidade do cliente, a qual pode mudar esses parâmetros, custeando o preço da hora/máquina em razão de um tempo menor para a fabricação de uma peça ou um lote. Contudo, considerando o custo e tempo, a empresa já possuía a sua rotina de trabalho com seus maquinários pré-definidos para cada operação.

Por isso, como a USMEC possui um maquinário muito diversificado, não justifica a análise apenas dos processos, mas também das máquinas em que é mais adequado realizar cada operação. Assim, com a ajuda de informações obtidas entrevistando os colaboradores foi possível criar uma carta De/Para que evidenciou

as máquinas e setores que necessitavam de maior proximidade, como é mostrado na Tabela 04.

Tabela 4 - Carta DE/PARA

DE / PARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Serra	GHS			A						
2 Prensa					BCD					EF
3 Furadeira	B				S	GH				
4 Torno grande convencional							O		I	N
5 Torno convencional	CDE		BM			PQR			ACHKMS	
6 Torno CNC							GHQR			
7 Centro CNC	H									
8 Fresa										
9 Plaina										
10 Solda					BCEKM		JN			
A: Abraçadeiras	G: Ponteiras				N: Broca estrela					
B: Recuperação de bielas	H: Haste de perfuração em tubo				O: Porta-cabo					
C: Reforma em eixo principal	I: Haste de perfuração maciça				P: Mandril					
D: Reforma em embreagens	J: Chave de aperto				Q: Pescador					
E: Manutenção em cabeçote	K: Bit adaptado para percussora				R: Reduções					
F: Centralizador	M: Colar de bronze				S: Jateador					

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Pela carta De/Para é exposto que a área de solda e os tornos convencionais necessitam de uma proximidade considerável, já que os processos realizados em seus departamentos trabalham, em sequência, frequentemente em um mesmo produto.

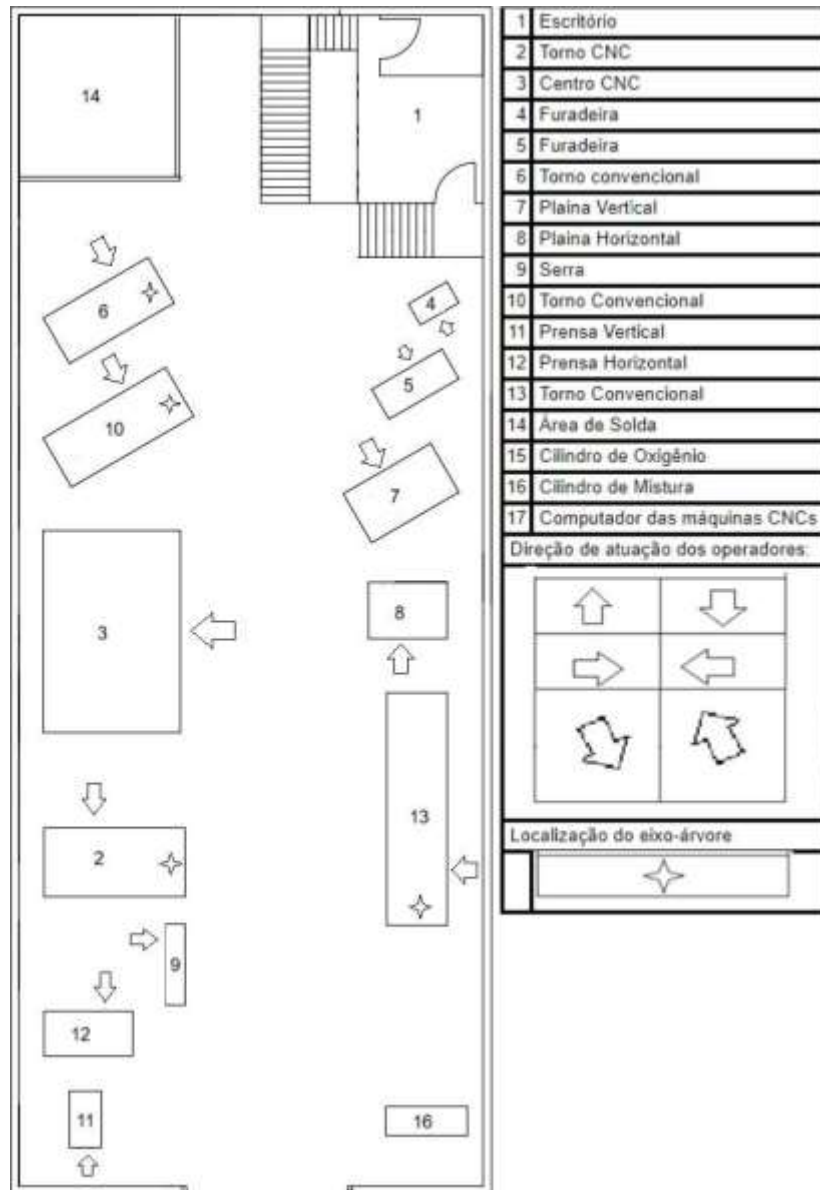
Os demais departamentos possuem semelhanças quando levado em consideração a fabricação de alguns produtos, mas também é necessário considerar as questões evidenciadas anteriormente, como o peso e a dimensão das peças a serem fabricadas em cada maquinário, o ruído causado pela operação das máquinas, facilidade de manutenção, ergonomia e etc.

4.4.4 Elaboração do novo Layout

Na elaboração do novo *layout* foram levados em conta as limitações do galpão, as possibilidades de melhoria no que tange aos desperdícios e anomalias, a carta

De/Para, as observações da equipe, assim como outros conceitos e estratégias vistos na revisão de literatura, como a segurança da equipe. A Figura 11 mostra a disposição das máquinas no novo *layout*.

Figura 11 - Novo Layout



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Observando a área produtiva é possível ver que o *layout* possui características do arranjo físico funcional, devido à proximidade de máquinas que efetuam a mesma operação, como é o caso dos dois tornos convencionais 6 e 10, das prensas,

furadeiras, da área de solda bem definida e da proximidade entre a plaina limadora e da chaveteira vertical, uma vez que essas efetuam um processo de usinagem semelhante.

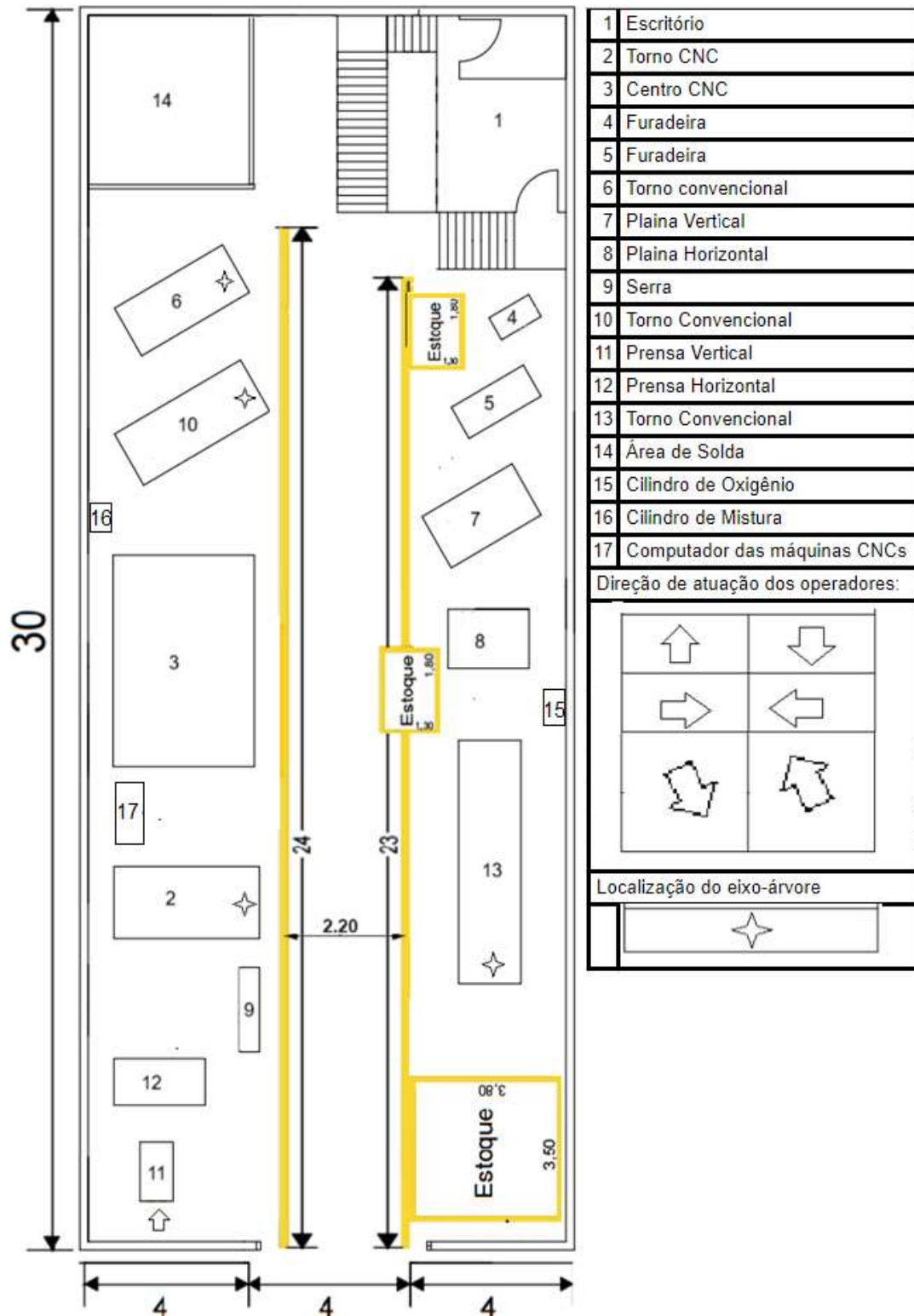
Porém, também é possível perceber que alguns maquinários estão deslocados dentro da empresa, como é o caso do torno convencional 13, de maior barramento. O mesmo foi posicionado no ambiente deixando a direção livre da sua árvore com um comprimento mínimo de 5 metros, devido a usinagem de hastes compridas nesse torno e por isso também ele foi posicionado próximo à entrada, para evitar a circulação dessas peças pesadas na oficina. Ademais, o torno está posicionado próximo à plaina limadora, justamente porque as hastes produzidas são operadas apenas nessas duas máquinas, o que traz nesse ambiente princípios do arranjo celular.

No que tange à segurança dos operadores é possível perceber que há um distanciamento considerável entre as máquinas o que não apenas facilitou a manutenção das máquinas devido ao fácil acesso, como minimizou o risco de acidentes. Além disso, algumas máquinas foram inclinadas para que o material residual “siga em campo aberto” (Barroso *et al.*, 2018), considerando a direção do cavaco ao sair dos equipamentos ou até mesmo a possibilidade de algumas peças soltarem de suas placas em alta rotação e atingirem algum operador adjacente, minimizando o risco de acidentes.

Na área de solda foram implementadas cortinas não inflamáveis, isolando esse ambiente e evitando a dissipação da luz branca causada pelo arco elétrico nos demais ambientes. Ademais, as máquinas mais robustas também são aquelas que acabam emitindo a maior quantidade de ruídos. Assim, ao posicioná-las próximas a saída, conseqüentemente a deixamos distante do escritório que fica ao fundo do galpão, minimizando a quantidade de ruídos nesse setor, o que era desejável.

Além disso, em parceria com a Usina JR, da UFMG, foi definido o corredor principal para a passagem de pessoas e foram criados pontos de estoque estratégicos na planta, conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12 - Pontos de Estoque



Fonte: Elaborado pela autora de acordo com observações feitas pela Usina JR – UFMG (2023)

Por fim, o novo galpão da empresa possibilitou a otimização do espaço devido à criação dos estoques, impedido que peças e materiais ficassem interrompendo o fluxo de pessoas, máquinas e objetos no ambiente. Tais espaços possibilitou o armazenamento adequado dos produtos, uma vez que ao organizar as mercadorias foi viabilizada a enumeração daquelas que exigiam um cuidado especial para que não fossem deterioradas pelo tempo. Em muitos casos o estoque orientou o sistema produtivo, definindo se uma peça ou lote precisava ser confeccionado ou já se encontrava armazenado. O Quadro 02 mostra as vantagens produtivas adquiridas devido à mudança do *layout*.

Quadro 2 - Mudanças com o Novo Layout

Setores / Maquinários	Vantagens dos benefícios obtidos
Torno e centro de usinagem CNC	A posição do torno CNC possibilitou a usinagem de peças compridas, uma vez que a direção livre do eixo árvore foi respeitada, o que melhorou a eficiência produtiva. O centro de usinagem CNC também teve otimização nesse sentido por sua localização facilitar a entrada de peças tanto em suas portas frontais quanto em suas janelas laterais, o que melhorou o tempo de produção de peças com dimensões consideráveis. A proximidade do computador às máquinas diminui o tempo de preparação e, conseqüentemente, o de produção das peças.
Escritório	Devido ao afastamento do escritório das máquinas de maior dimensão, sendo as que mais produzem ruído, como o centro CNC e torno CNC, houve uma atenuação dos ruídos dessas máquinas em relação ao escritório, o que proporcionou um melhoramento na acústica, evitando falta de entendimento por parte de clientes e fornecedores, o que proporcionou uma otimização no processo administrativo, evitando demora na troca de informações ou até mesmo problemas devido a uma compreensão errônea. No entanto, deixar a área de solda próxima ao escritório foi um erro do projeto, porque apesar da empresa não ser caracterizada por produzir muitos serviços relacionados à caldeiraria, quando esses serviços esporádicos são realizados a acústica é extremamente prejudicada.
Prensas	Ajudam no processo de montagem e desmontagem de equipamentos. Por isso, ao ficarem próximas à entrada do galpão facilitou o fluxo produtivo, o que foi evidenciado pela Carta De/Para.
Tornos convencionais	Os tornos foram posicionados por ordem de tamanho, com um distanciamento considerável, o que facilitou a colocação e retirada das peças e melhorou o fluxo produtivo. Os tornos se mantiveram próximos e em trabalhos de usinagem interdependentes isso facilitou a comunicação entre os operadores.
Furadeiras	Foram posicionadas por ordem de tamanho, o que facilitou a colocação e retirada de peças e diminuiu o tempo de transporte.
Estoque	Possibilitou armazenar as mercadorias adequadamente, melhorando a qualidade das mesmas e evitando descarte de materiais. Retirou do pátio industrial ferramentas que atrapalhavam a circulação, melhorando o fluxo produtivo. Orientou, em alguns casos, o PCP ao tornar viável a identificação de peças de pronta entrega.

Torno convencional grande e plaina limadora	Facilitou a usinagem de hastes compridas, diminuindo a demora com a circulação de peças grandes pela oficina, otimizando o tempo de produção e impedindo possíveis avarias e retrabalhos.
Área de solda	Foi construída seguindo as normas de segurança, o que evitou acidentes e melhorou a qualidade de trabalho de todos os operadores, principalmente devido a contenção da luz branca em outros setores. Os cilindros de oxigênio e cilindros com gases combustíveis ficaram distantes entre si e da área de solda, diminuindo o risco de incêndio. A área de solda ao ficar próxima aos tornos convencionais, facilitou o fluxo produtivo, como já havia sido estimado na Carta De/Para.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

5. CONCLUSÃO

Devido ao aumento da competitividade entre as organizações, os clientes têm sido mais exigentes com parâmetros como preço, qualidade, tempo de entrega e atendimento. Por isso, para uma empresa se manter no mercado é imprescindível que haja um plano produtivo que dê enfoque para todas essas variáveis. Em consequência disso, o *layout* ganha relevância por não apenas orientar o sistema produtivo, definindo a localização das máquinas, pessoas e peças que mais se adéquam às atividades desenvolvidas pelas organizações, mas também atuando diretamente na minimização ou causa dos prejuízos e anomalias presentes em diferentes setores dentro de uma companhia.

A melhoria proposta por este trabalho resumiu-se na construção de um novo *layout* que fosse capaz de otimizar a produção e atenuar os problemas da empresa escolhida. Para isso, foi utilizado o conceito dos processos produtivos, o estudo e desenvolvimento de ferramentas de produção e feita a análise organizacional da empresa, possibilitando levantar as principais oportunidades de mudança.

O trabalho desenvolvido foi feito em uma empresa de pequeno porte, o que possibilitou abranger minuciosamente diversas questões do seu *layout*, como a segurança, ergonomia, fluxo e eficiência produtiva. No que tange os parâmetros de produção, principalmente, é possível perceber a relevância deste projeto em melhorias como o aproveitamento efetivo da capacidade produtiva do torno CNC que não era possível apenas devido à sua posição. Além disso, o fluxo produtivo como um todo foi otimizado, uma vez que a disposição das máquinas foi implementada com base nas atividades desenvolvidas pela empresa, considerando a proximidade dos setores obtida por meio da carta De/Para, o peso e as dimensões das peças fabricadas.

O primeiro objetivo específico desse trabalho foi mediado por entrevistas com os colaboradores e observações diretas, permitindo o estudo da rotina da empresa e o levantamento de informações do seu cotidiano. Dessa forma, com a ajuda dos conceitos obtidos na revisão bibliográfica foi possível identificar no *layout* antigo as principais questões que necessitavam de mudança.

O próximo passo foi medir a dimensão dos galpões envolvidos no projeto, assim como maquinários e para fazê-lo foi utilizado trenas, tintas, réguas e o software de desenho, AutoCad. A aplicação do método de projeto de *layout* também foi baseada na revisão bibliográfica e suas ferramentas que serviram de base para orientação do trabalho. Por fim, a implementação do novo *layout* foi feita com o auxílio da USMEC, sendo possível avaliar as principais vantagens obtidas ao comparar os problemas que existiam antes do projeto e que foram atenuados ou resolvidos após a sua aplicação.

Vale salientar que a realização desse trabalho contribuiu de forma efetiva para a formação profissional e pessoal da acadêmica, por abordar uma área importante dentro do campo da Engenharia Mecânica e por possibilitar a aplicação prática do conhecimento teórico adquirido no decorrer do curso.

Destarte, pode-se afirmar que a proposta de mudança do *layout* desenvolvida nesse estudo vem ao encontro da necessidade da organização escolhida, otimizando seu processo produtivo, atenuando e eliminando anomalias e desperdícios que, conseqüentemente, melhoram a sua competitividade no mercado.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, Fábio et al. **Layout de oficina mecânica de usinagem de materiais: Estudo de caso sobre a minimização dos riscos através da disposição das máquinas operatrizes.** Revista Científica Interdisciplinar: Engenharias, Revista Campo do Saber, v. 4, ed. 4, p. 159-172, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/150>. Acesso em: 4 nov. 2021.
- BEZERRA, Cícero Aparecido. **Técnicas De Planejamento, Programação E Controle Da Produção:** e introdução à programação linear. Piracicaba: Intersaberes, 2014. 232 p.
- BLACK, J. T. **Projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Bookman, 1991.
- BORDA, M. (1998). **Layout.** Florianópolis.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** 3. Ed. Belo Horizonte: Qfco, 1997
- CASARIN, S. J. **Manufatura Mecânica: Usinagem.** 1/1. ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018. 200P.
- ESAB WELDING & CUTTING PRODUCTS (USA). **Precautions and Safe Practices for ARC WELDING, CUTTING & GOUGING.** Florence, SC USA: ESAB Welding & Cutting Products, 2009. 36 p.
- FALCONI, Vicente. **Gerenciamento Da Rotina Do Trabalho Do Dia A Dia.** 9. ed. Campinas: Falconi, 2013.
- FILHO, T. O. (2010). **Projeto de Fábrica e Layout.** Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá.
- GROOVER, M. P.; ZIMMERS, E. W. JR. **CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing.** New Jersey: Prentice-Hall, Inc.; Englewood Cliffs, 1984.
- GROOVER, M. P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.** 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011
- JONES, Gareth R.; GEORGE, Jennifer M.. **Administração Contemporânea.** 4. ed. São Paulo: McGraw Hill Brasil, 2008. 778 p.
- KULWIEC, Raymond A. - **Materials handling book.** 2ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1985
- LIMA, E. S. **Segurança no armazenamento e manuseio de gases industriais: um estudo de caso de uma indústria química.** Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Segurança do Trabalho) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MACHADO, A. R.; et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2009

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e Técnicas Conexas: processo**. Porto Alegre: editado pelo autor, 1996.

MENEZES, Caio; LUNA, Renata. Riscos do processo de usinagem na produção de carretas: estudo de caso em uma indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ceará, v. 13, n. 3, p. 57-63, 3 set. 2021. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/18263/209209215363>. Acesso em: 6 nov. 2021.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Melodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operadores**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 3. Ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

NEUMANN, C; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NOMURA, D. **Planejamento do Arranjo Físico e das Normas de Segurança e Utilização da Nova Sala de Projetos do PRO**. São Paulo, 2013.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de fábrica: produtos processos e instalações industriais**. São Paulo: IBLC, 1985.

PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão Da Produção Industrial**. Curitiba: Ibpex, 2007. 340 p.

PASQUINI, Nilton César. Planejamento e controle da produção (PCP):: estado da arte. **Tecnológica da Fatec Americana**, São Carlos, v. 3, n. 2, p. 81-97, 13 maio 2016. Semestral. Disponível em: <https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/55>. Acesso em: 12 out. 2021.

PEINADO, J. GRAEML, A.R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)** Curitiba: UnicenP, 2007, P.199-205.

PINHEIRO, Cleber de Souza. **Introdução a Segurança do Trabalho**. Volume único, 2012.

PEIXOTO, Arildomá Lobato. **Estudo da Microestrutura de Soldas AIMg – 5083 depositado pelo Processo MIG Pulsado**. Relatório Técnico Científico – Projeto: Soldagem MIG do Alumínio em Corrente Pulsada. Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, PA. 2003.

RUSSOMANO, V. H. **PCP: planejamento e controle da produção**. 6. ed. São Paulo: Piomeira, 2000.

RUSSEL, R. **Operations Management and Student CD: International Edition**. 4. Ed. Prentice Hall, 2002.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Regional de São Paulo. **Elementos de Máquinas I**. São Paulo: SENAI, SP, 1998. 425p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001

SILVEIRA, G. **Layout e Manufatura Celular. Apostila Interna no Mestrado do PPGEF**, UFRGS, Porto Alegre, 1998.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart e JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas S.A, 2007. 190 p.

ANEXO – FORMULÁRIO DE PERGUNTAS REALIZADAS À EQUIPE DA EMPRESA

1. Qual é a sua função atual na empresa?
2. Quais são as principais atividades realizadas no seu setor?
3. Quantas horas por dia você trabalha?
4. Quantas pessoas trabalham no seu setor?
5. Quais equipamentos você utiliza regularmente?
6. Como você interage com outros setores dentro da empresa?
7. Quais fluxos de trabalho são mais comuns no seu setor?
8. Quais são os maiores desafios enfrentados no seu trabalho diário?
9. Existem problemas recorrentes relacionados ao layout atual da empresa?
Quais?
10. Você possui espaço suficiente para realizar suas atividades com conforto e segurança?
11. Com o atual layout, há dificuldades na movimentação dos equipamentos?
12. Existe algum equipamento ou máquina que fica frequentemente ocioso?
13. Os ruídos gerados pelas máquinas afetam a produtividade ou bem-estar dos colaboradores?
14. Os materiais e suprimentos necessários para as atividades estão sempre próximos e facilmente acessíveis?
15. Há riscos de acidentes relacionados ao layout atual? Se sim, quais?
16. Existe algum espaço dentro da empresa pouco utilizado ou que poderia ser melhor aproveitado?
17. Na sua opinião, que melhorias poderiam ser feitas no layout da empresa para otimizar as operações?
18. Você tem alguma sugestão específica para melhorar a disposição dos equipamentos ou a organização do espaço de trabalho?
19. Como você classificaria a atual eficiência do layout da empresa, em uma escala de 1 a 10?
20. Você acredita que um novo layout poderia beneficiar o seu setor? Por quê?