

# **ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE LAYOUT PRODUTIVO EM UMA FÁBRICA DE AROS E CABOS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM VOLUME X VARIEDADE**

**André Passos Gomes Fernandes**

andrepassosx1@gmail.com

UERJ - FAT

**Gabriel Alexandre Alkmim Ribeiro**

ribeirogabrielalexandre@gmail.com

UERJ - FAT

**Gabriel Barbosa de Souza**

gbsninja2@gmail.com

UERJ - FAT

**Gabriel Bernardino de Moraes**

gabriel.bernardino3011@gmail.com

UERJ - FAT

**Davidson de Almeida Santos**

prof.davidson.santos@gmail.com

UERJ - FAT

**Resumo:** Este artigo tem como propósito analisar e propor melhorias no layout produtivo de uma fábrica de aros e cabos localizada no estado do Rio de Janeiro, considerando a relação volume x variedade e os princípios da produção enxuta (Lean Manufacturing). Por meio de um estudo de caso com observações in loco, foram aplicadas abordagens qualitativas e quantitativas para identificar gargalos operacionais, medir indicadores como tempo de percepção de falhas e estimar a geração de sucata. A partir de um benchmarking interno com o setor mais eficiente da fábrica, foi proposta a reconfiguração dos setores B e E em layout do tipo U, visando maior proximidade entre etapas produtivas e agilidade na identificação de não conformidades. Os resultados indicam um potencial significativo de redução na geração de sucata, estimado em até 6.971 kg/mês no setor E e 2.913 kg/mês no setor B. O estudo contribui para a literatura ao aplicar a matriz volume x variedade como instrumento de diagnóstico para arranjos físicos industriais, oferecendo uma solução prática e aplicável à melhoria de processos em ambientes de produção em lotes.

**Palavras Chave:** Layout celular - Layout em U - Volume de produção - Layout por processo - Lean manufacturing

## 1. INTRODUÇÃO

A definição de um layout consistente e otimizado dentro da cadeia produtiva de uma fábrica é fundamental para alcançar maior eficiência nos processos e reduzir desperdícios. De acordo com a metodologia Lean Manufacturing, entre os oito desperdícios identificados na indústria estão: movimentação desnecessária, processamento excessivo, tempo de espera e transporte (Byrne, 2012). Esses fatores podem ser mitigados por meio de um estudo sistemático para melhorias no layout, tendo como base a relação entre volume e variedade da produção.

A fábrica analisada é dividida em duas principais áreas produtivas, denominadas Ilha 1 e Ilha 2. A primeira é caracterizada predominantemente pela produção de cabos e aros com baixa diversidade, enquanto a segunda apresenta uma variedade de produtos mediana, porém com alto volume de produção. Com mais de 40 anos de operação e várias expansões ao longo do tempo, observa-se a coexistência de diferentes tipos de layout, além da presença de estoques intermediários distribuídos em diversos pontos da fábrica, o que reforça a necessidade de uma análise criteriosa de seu arranjo físico.

Segundo Corrêa e Corrêa (2013), os diferentes tipos de layout incluem desde o posicional, geralmente utilizado em processos com alta variedade e baixo volume, até o layout por produto, típico de produção em massa, com alta padronização. Além disso, o planejamento eficaz das instalações deve considerar a natureza do processo, o fluxo de materiais, as interações entre setores e projeções de crescimento, de modo a atender também às demandas futuras (TOMPKINS et al., 2013). A escolha do layout adequado está, portanto, intimamente ligada à relação entre volume e variedade dos produtos, sendo essa uma decisão estratégica na gestão de operações.

Pesquisas recentes mostram que o alinhamento entre os princípios do Lean Manufacturing, o planejamento do layout e a matriz volume-variedade é fundamental para reduzir perdas e aumentar a competitividade das organizações. Estudos apresentados no ENEGEP indicam que a análise do fluxo de materiais, associada a ferramentas como a matriz produto-processo, permite diagnósticos mais precisos das configurações inadequadas e orienta a escolha do layout ideal (Menezes; Costa, 2021).

Além disso, a adoção de layouts em U ou celulares tem se destacado como uma solução viável para empresas com produção em lotes e com necessidade de maior flexibilidade, por facilitar o fluxo contínuo, reduzir tempos de deslocamento e permitir maior interação entre operadores (SILVA; RODRIGUES, 2022). Tais características contribuem para ganhos significativos de produtividade e qualidade, como demonstrado em estudos de caso em indústrias brasileiras (PEREIRA et al., 2020).

Outro aspecto relevante apontado na literatura é a necessidade de incorporar métodos de análise multicritério para avaliar alternativas de layout, considerando não apenas a eficiência operacional, mas também aspectos ergonômicos, de segurança e sustentabilidade, ampliando a visão tradicional focada apenas em produtividade (Almeida; Vieira, 2019). Essa abordagem holística está alinhada às exigências atuais do mercado, que demanda processos produtivos mais ágeis, enxutos e sustentáveis.

Dessa forma, a análise do layout, quando realizada em consonância com os princípios da manufatura enxuta e fundamentada em diagnósticos técnicos consistentes, torna-se indispensável para a melhoria do desempenho operacional. Este artigo está organizado da seguinte forma: a segunda seção apresenta o referencial teórico; a terceira descreve a metodologia do estudo de caso; a quarta expõe os resultados e as propostas de melhoria; e, por



fim, a quinta seção apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial terá por objetivo contextualizar o layout no meio industrial e as variáveis que influenciam em sua escolha, além de apresentar os tipos de layout que podem ser utilizados, destacando suas principais características, para embasar a análise que será feita posteriormente

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO LAYOUT NO MEIO INDUSTRIAL

O arranjo físico ou layout mostra como tudo na fábrica (máquinas, equipamentos, setores, estoques e estações de trabalho) está distribuído no espaço disponível. A ideia é deixar o caminho dos materiais, das pessoas e das informações o mais simples possível (Slack et al., 2016). Quando o layout é bem pensado, tudo funciona de maneira mais ágil, aumenta a produtividade, melhora a segurança dos colaboradores e torna a empresa mais preparada para responder às demandas do mercado (Corrêa; Corrêa, 2013).

Um bom layout evita desperdícios do dia a dia, como movimentação desnecessária, transporte excessivo, espera de peças e etapas de produção que não agregam valor, pontos que o Lean Manufacturing aponta como desperdícios (Womack; Jones, 2004). Além disso, ter as áreas organizadas de forma inteligente, ajuda na comunicação entre os setores, otimiza o uso do espaço e deixa a fábrica preparada para crescer ou se adaptar a mudanças na produção. Por isso, criar um layout adequado significa considerar como se dá o processo produtivo e equilibrar o volume de produtos com a variedade que a empresa oferece. Existem diferentes tipos de layout, e cada um faz sentido conforme a forma de produção e a combinação entre volume e variedade de produtos.

No layout por produto (ou em linha), tudo é organizado para seguir a sequência exata de etapas de fabricação de um item padronizado. Esse modelo é perfeito para quem produz em grande escala e com pouca variação, como as montadoras de carros, porque acelera o fluxo e reduz o tempo de produção (Slack et al., 2016).

Já no layout por processo (ou funcional), máquinas e equipamentos com funções semelhantes ficam agrupados. Esse formato é mais flexível e funciona bem quando há muitos modelos diferentes e pouca quantidade de cada um, como em oficinas e empresas de usinagem (Corrêa; Corrêa, 2013).

O layout celular aparece como uma alternativa intermediária, já que as máquinas são organizadas em células que cuidam de famílias de produtos que compartilham etapas semelhantes. Assim, o deslocamento de peças e de pessoas diminui, além de facilitar a troca de informações entre os operadores.

Por outro lado, no layout posicional, o produto fica parado e são as máquinas, ferramentas e equipes que se deslocam até ele. Esse tipo se aplica a itens grandes, pesados ou muito complexos pensando na construção de aviões, navios ou obras de engenharia civil de acordo com Moreira (1998).

Também existe a possibilidade de implementar um layout misto, que combina mais de um modelo para atender às particularidades de cada área. Em fábricas que têm setores de produção distintos, por exemplo, pode-se usar o arranjo por processo na fabricação de componentes e o arranjo por produto na montagem final. A escolha do layout certo é essencial para melhorar o desempenho, reduzir desperdícios e tornar a indústria mais competitiva. A

tabela 1 descreve os principais tipos de layout presentes na literatura.

**Tabela 1:** Tipos de Layout

Tipo de layout	Característica
Layout por produto	Organizado para seguir a sequência exata de etapas de fabricação de um item padronizado.
Layout por processo	Formato mais flexível e funciona bem quando há muitos modelos diferentes e pouca quantidade de cada um.
Layout celular	As máquinas são organizadas em células que cuidam de famílias de produtos que compartilham etapas semelhantes.
Layout posicional	O produto fica parado e são as máquinas, ferramentas e equipes que se deslocam até ele.
Layout misto	Combina mais de um modelo para atender às particularidades de cada área.

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2016).

## 2.2 LAYOUT PROPOSTOS EM CONSONÂNCIA COM A RELAÇÃO VOLUME X VARIEDADE

Os processos de manufatura se diferenciam principalmente pelo volume de produção e pelo grau de padronização ou personalização dos produtos. Na produção contínua, tudo é altamente automatizado e funciona sem parar, fabricando grandes quantidades de um mesmo item é comum em indústrias químicas, petroquímicas e de alimentos, onde o produto segue um fluxo contínuo (Slack et al., 2016).

Já na produção em massa, o objetivo também é gerar altos volumes, mas o processo pode ser dividido em etapas bem definidas, permitindo variações mínimas; é o caso das linhas de montagem de carros, que têm pontos fixos de produção em série.

A produção em lote ocorre quando os produtos são feitos em quantidades limitadas os lotes e o mesmo equipamento pode ser ajustado para fabricar itens diferentes em cada lote. Esse tipo atende bem a quem precisa de alguma repetição, mas ainda assim exige mudanças frequentes de setup, como nas fábricas de manufatura, gráficas ou móveis (Corrêa; Corrêa, 2013).

A produção sob encomenda só começa depois que o cliente faz o pedido, pois cada produto é único ou altamente customizado. Nesse cenário, o volume é baixo e há muita variedade, já que tudo é moldado às especificações de quem compra pensando em móveis planejados ou máquinas especiais (Slack et al., 2016).

Por fim, a produção por projeto lida com itens que são praticamente únicos e de grande porte, exigindo planejamento cuidadoso e longo prazo de execução, como acontece na construção civil, na fabricação de navios ou de aviões. De acordo com Tubino (2007), a escolha do tipo de produção influencia diretamente o layout, o uso dos recursos e o gerenciamento da fábrica, sendo uma das decisões mais estratégicas da manufatura. A tabela 2 relaciona os tipos de layout com os tipos de processos de manufatura.

**Tabela 2:** Tipos de Layout e processos de manufatura

Volume	Variedade	Tipo de Processo de Manufatura	Tipo de Layout
Baixo	Alta	Projeto (sob encomenda)	Posicional
Baixo a médio	Alta a média	Oficina (job shop)	Funcional (por processo)
Médio	Média	Lotes	Celular (por grupo de produto)
Alto	Baixa	Linha	Linear (por produto)
Muito alto	Muito baixa	Contínuo	Layout de posição fixa ou contínua

**Fonte:** Adaptado de Tubino (2007).

A escolha do arranjo físico ideal no ambiente fabril exerce uma influência crucial no estabelecimento de uma linha de produção eficiente no fluxo de materiais e na redução de desperdícios. Dentre os modelos utilizados, o layout em U se destaca como uma configuração que favorece a proximidade entre a entrada e a saída do processo produtivo (Stevenson, 2011), o que será importante no desenvolvimento da análise que será abordada no artigo.

Para montar um arranjo físico eficiente, é fundamental considerar as diversas variáveis que influenciam diretamente a organização e o desempenho da produção. O fluxo de materiais deve ser planejado para ser o mais direto e contínuo possível, evitando trajetos longos ou cruzamentos que aumentem o tempo de fabricação e os custos operacionais. A segurança no ambiente de trabalho é outra prioridade, sendo necessário prever rotas bem definidas, sinalização adequada e respeito às normas, garantindo a integridade física dos colaboradores (Slack et al., 2016).

A configuração do layout em U se caracteriza pela disposição das estações de trabalho formando a letra “U” e é associada à filosofia de produção enxuta (Stevenson, 2011). Redução no tempo de deslocamento dos trabalhadores, melhoria na comunicação, fluidez contínua de materiais e fácil supervisão das múltiplas etapas do processo são alguns dos benefícios operacionais da escolha deste layout (Stevenson, 2011).

As características físicas da planta industrial e os objetivos estratégicos da empresa em relação a capacidade de produção e eficiência definirão a escolha do layout ideal. A observação das variáveis de otimização do fluxo de materiais, balanceamento de linha, redução de lead time e aproveitamento do espaço físico disponível contribuirá tecnicamente para a definição do arranjo físico mais adequado (Slack et al., 2016).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada da seguinte forma: a abordagem geral e o fluxo de desenvolvimento da pesquisa.

#### 3.1 ABORDAGEM GERAL

De acordo com Silveira e Córdova (2009), uma pesquisa quantitativa enfatiza a objetividade, na coleta e análise dos dados, sendo numéricos, e analisa estes dados através de procedimentos estatísticos, enquanto a pesquisa qualitativa enfatiza o subjetivo como meio de compreender e interpretar as experiências e trata dos dados de uma forma organizada, mas intuitiva.

Tendo definido estes aspectos, pode se dizer que o presente artigo possui uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos. A etapa qualitativa envolveu a análise descritiva dos processos produtivos, a classificação da relação volume x variedade e a avaliação dos diferentes tipos de layout existentes na planta industrial. Já a

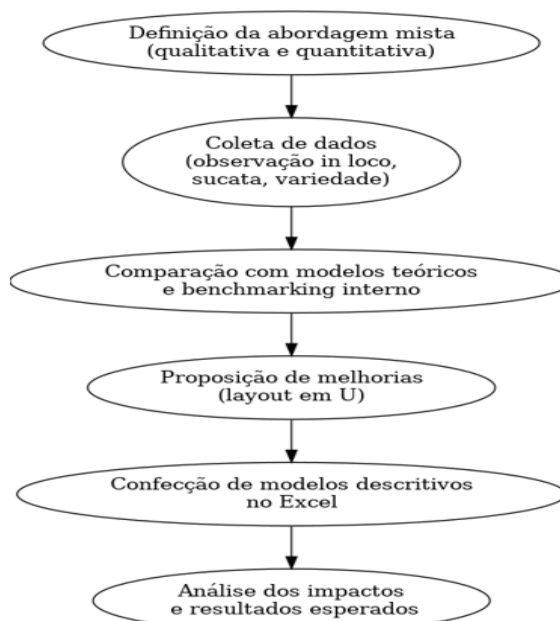


abordagem quantitativa foi aplicada na mensuração de indicadores produtivos, como o tempo de percepção de falhas pelos operadores e a quantidade de sucata gerada em cada setor, permitindo assim a quantificação dos ganhos potenciais decorrentes das propostas de melhoria.

Ademais, a opção por empreender a análise nesta instalação industrial decorre também de um aspecto notório que é a presença de áreas com mais de quatro décadas de atividade, o que pode sinalizar a urgência de uma renovação estrutural no layout, visando a otimização dos fluxos de produção e a redução de desperdícios.

### 3.2 FLUXO DE PESQUISA

O desenvolvimento do estudo seguiu as seguintes etapas, demonstradas no fluxograma da figura 1, e explicadas detalhadamente na sequência:



**Figura 1:** Fluxo da pesquisa  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

A obtenção de dados se deu por meio de acompanhamentos diretos no ambiente de produção, com atenção especial às duas principais ilhas produtivas responsáveis pelas fases primordiais da fabricação de aros e cabos. Durante as observações *in loco*, foram catalogados fatores como a organização dos maquinários, os fluxos de materiais, o tempo de detecção de não conformidades pelos trabalhadores, além da relação física e funcional entre os setores envolvidos no processo produtivo.

Também foi realizada a descrição detalhada dos produtos elaborados em cada ilha, buscando discernir o grau de variedade e o volume de produção vinculado a cada tipo de manufatura. Essa avaliação permitiu a classificação de cada ilha e setor na matriz volume x variedade, conforme os princípios de Planejamento e Controle da Produção.

Adicionalmente, foi feito o levantamento dos índices de geração de sucata em cada setor, com o objetivo de identificar os pontos críticos de perda de material ao longo do processo produtivo. Esse levantamento foi consolidado em uma tabela comparativa, relacionando a percentagem de sucata gerada com o volume total de produção de cada setor.

Partindo das informações reunidas, os layouts vigentes foram comparados com os

principais modelos de layout descritos na literatura, como layout por processo, layout por produto, layout celular e layout posicional.

Além dessa comparação teórica, foi realizado um *benchmarking* interno, tendo como referência o Setor F, que, apesar de dedicado exclusivamente à produção de aros, possui uma seção de trefilagem e torção de fios estruturalmente mais enxuta e eficiente, comparável aos processos dos setores B e E.

Esse *benchmarking* permitiu identificar que o Setor F, por apresentar menor distância física entre os equipamentos de trefilagem e torção, consegue reduzir significativamente o tempo de percepção de falhas, diminuindo consequentemente a geração de sucata.

Com base na análise comparativa, foi elaborada uma proposta de modificação do layout dos setores B e E, sugerindo a adoção de um layout em U, posicionando a máquina de trefilagem próxima à máquina de torção, utilizando uma polia para direcionamento do fio, com o intuito de aproximar fisicamente o início e o fim do processo sequencial.

Para validar essa proposta, foram calculados os tempos médios de percepção de não conformidade antes e depois da mudança de layout, baseando-se nas medições feitas no Setor F. A partir dessa redução de tempo, foi estimada a redução percentual na geração de sucata, considerando o impacto direto da maior rapidez na identificação de falhas.

Por fim, para facilitar o entendimento das modificações sugeridas, foram desenvolvidos esquemas descritivos no software Excel, representando tanto o layout atual quanto a configuração proposta para os setores B e E. Esses diagramas facilitaram a visualização das mudanças físicas planejadas, bem como a melhoria esperada no fluxo de materiais e informações.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para início desta análise, foram observados os dados referentes ao volume e variedade dos setores presentes nas duas principais Ilhas, além também da porcentagem de sucata gerada em cada um destes setores, após isto foram detalhados os Arranjos físicos utilizados em cada um deles e realizadas as comparações, por fim, foi proposta uma melhoria no formato do Layout dos setores alvos visando redução na geração de sucata.

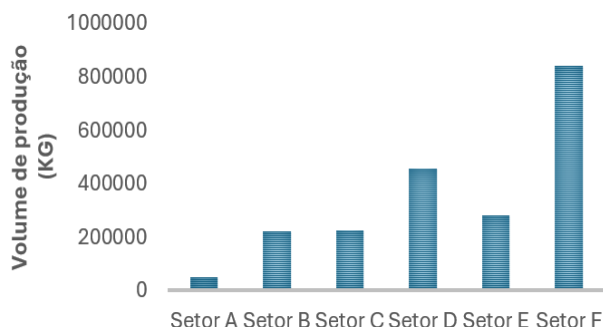
### 4.1 DIAGNÓSTICO INICIAL

Os gráficos gerados a partir dos dados de volume e variedade dos setores e da porcentagem de sucata gerada por estes podem ser contemplados nos gráficos 1, 2 e 3.



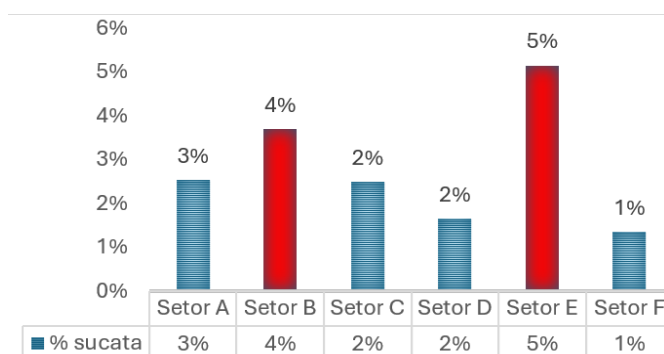
**Gráfico 1:** Variedade de produtos por setor

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).



**Gráfico 2:** Volume de produção total por setor

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).



**Gráfico 3:** Porcentagem de sucata por setor

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

O gráfico 1 apresenta a contagem de produtos por setor, mostrando o Setor F como aquele que possui a maior variedade, seguido do setor B, e o setor E, como aquele que possui a menor variedade, já o gráfico 2, se refere ao volume de produção por setor, onde o setor F apresenta a produção disparadamente mais elevada. Por fim, no gráfico 3, referente a porcentagem de sucata por setor, destacasse novamente o Setor F como aquele que menos gera sucata, com uma porcentagem de 1%, e os setores B e E como os que mais geram sucata em relação a sua produção total, sendo 4% e 5%, respectivamente.

A partir das constatações destes dados, foi optado por realizar as comparações e propostas de melhoria nos setores E e B. A escolha destes dois setores se deu por alguns fatores primordiais, o primeiro deles é que ambos possuem uma porcentagem de geração de sucata bem alta, além disso, os dois setores estão em posições bem distintas quando se trata da régua volume versus variedade, sendo o setor B, dentre os produtores de cabos, o setor com maior variedade de produtos, enquanto o setor E, dentre os produtores de cabos, é o que possui a menor variedade em conjunto com um volume de produção superior ao setor B.

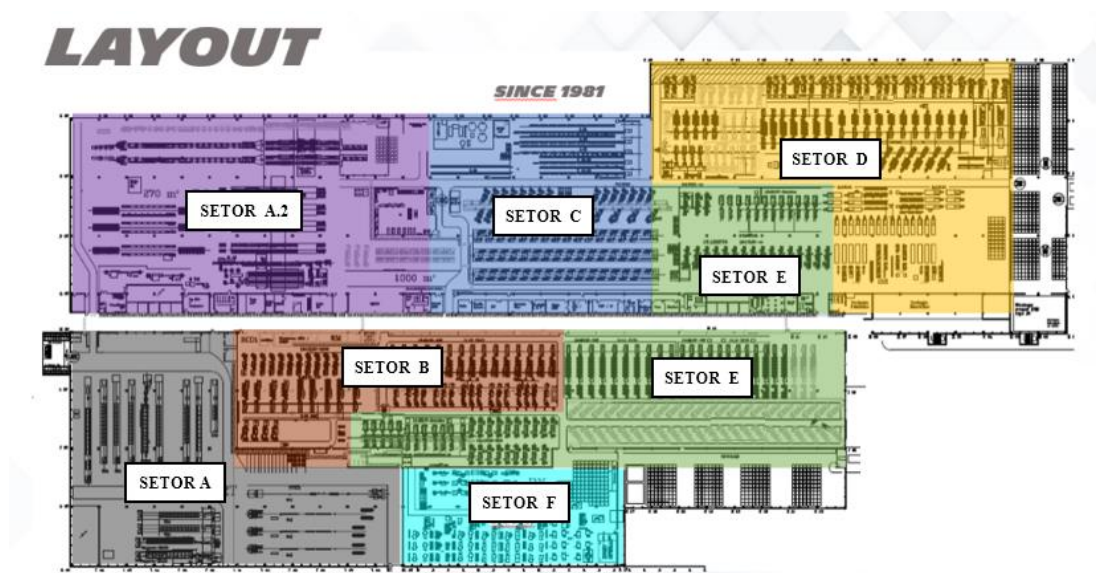
Além destes setores, também foi selecionado para o *Benchmark* interno, o setor F, responsável pela produção de Aros da fábrica. Este setor, como pode ser observado nos gráficos 1, 2 e 3, é o que possui a cadeia produtiva mais otimizada, gerando uma variedade alta de produtos em comparação com os setores produtores de cabos, em consonância com um volume extremamente elevado e uma baixíssima produção de sucata.



## 4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS SETORES (BENCHMARKING)

Com base na análise realizada, foi possível caracterizar os tipos de manufatura presentes nos setores B, E e F. Os setores B e E podem ser classificados como produção em lotes, uma vez que os produtos são fabricados em quantidades definidas e posteriormente armazenados para expedição. No caso dos cabos produzidos nesses setores, os lotes são organizados em bobinas, que são posteriormente enviadas para a fábrica de pneus para as etapas seguintes da cadeia produtiva. De forma semelhante, os aros, produzidos no setor F, são estocados em caixas de acrílico antes do envio.

Com base na análise realizada, foi possível caracterizar os tipos de manufatura presentes nos setores B, E e F. Os setores B e E podem ser classificados como produção em lotes, uma vez que os produtos são fabricados em quantidades definidas e posteriormente armazenados para expedição. No caso dos cabos produzidos nesses setores, os lotes são organizados em bobinas, que são posteriormente enviadas para a fábrica de pneus para as etapas seguintes da cadeia produtiva. De forma semelhante, os aros, produzidos no setor F, são estocados em caixas de acrílico antes do envio. Como pode ser constatado durante as observações *in loco*, e é sintetizado no layout descritivo da fábrica contemplado na figura 2.



**Figura 2:** Layout descritivo da fábrica de aros e cabos  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

A figura 2 apresenta o Layout completo da fábrica, onde pode ser observado a cadeia produtiva dos dois setores localizada na seção inferior da fábrica, compostas pela máquina de trefilagem (Mais comprida) e a máquina de torção (Mais curta), todas posicionadas de forma paralela umas com as outras. Também é possível observar nesta figura a diferença de extensão entre o setor F (Mais enxuto) e os setores B e E.

Em contrapartida, o setor F apresenta uma estrutura mais enxuta e flexível, com menor distância entre as etapas produtivas, resultado do uso de máquinas trefiladoras mais compactas e da organização mais racional do espaço. Este setor pode ser classificado como um layout por processo, devido à clara separação entre as etapas de trefilagem e torção, conformação da alma do aro e aplicação das camadas externas. Essa configuração favorece maior supervisão, menor tempo de resposta para a identificação de falhas e maior eficiência operacional, características

também destacadas por estudos recentes como fatores críticos para a competitividade industrial (Silva; Rodrigues, 2022).

Além disso, observa-se que no setor F a proximidade física entre as etapas produtivas permite um melhor acompanhamento do fluxo e maior interação entre os operadores, o que está alinhado com recomendações da literatura para minimizar tempos de espera e retrabalho em ambientes de produção por lotes (Pereira et al., 2020). Esses elementos reforçam o potencial de ganhos que podem ser obtidos ao replicar práticas do setor F nos setores B e E. A figura 3 representa o layout do setor F.



**Figura 3:** Layout detalhado do setor F

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 3 mostra um *zoom* no setor F. Pode ser observado dentro do destaque vermelho a seção de torção + trefilagem deste setor, sendo possível observar as máquinas de trefilagem posicionadas nas extremidades da seção, e as máquinas de torção localizadas ao centro.

Este maquinário pode ser contemplado na sequência, tanto os do setor F, como os dos setores B e E, para se ter uma base comparativa entre a extensão dos dois conjuntos de máquinas.

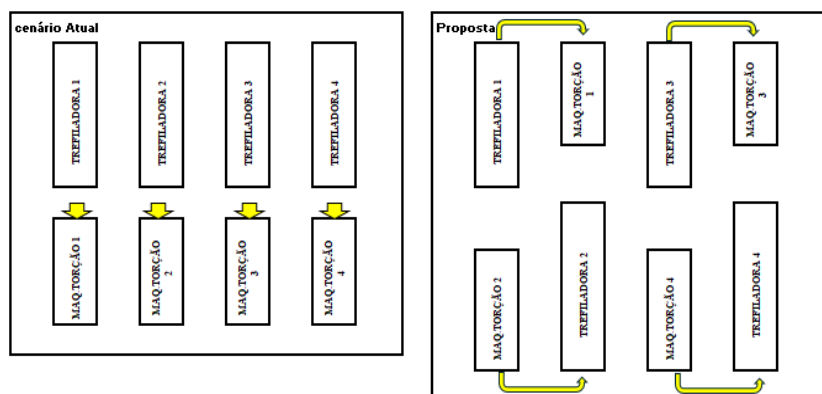
Salientando que a máquina de torção é a mesma para ambos os 3 setores analisados e que a diferença mais impactante é a trefiladora.

Ademais, apesar de contar com um sistema semiautomatizado para detecção de falhas, os setores ainda enfrentam o desafio de geração de sucata, especialmente devido à propagação de não conformidades ao longo de uma sequência linear de produção, que conta com um operador por máquina. No entanto, a estrutura mais compacta e o menor tempo de propagação de defeitos do Setor F, quando comparados aos setores B e E, demonstram as vantagens do arranjo físico atual deste e reforçam o potencial de ganhos que podem ser obtidos com a reorganização dos demais setores.

#### 4.3 PROPOSTA DE MELHORIA

A proposta de melhoria apresentada neste estudo baseia-se na observação das práticas do setor F, em especial no que diz respeito à menor distância entre as máquinas de trefilagem e torção, característica que favorece rápida detecção de não conformidades. Dessa forma, sugere-se a adoção de um layout em U nos setores B e E, visando reduzir a distância física entre as máquinas e melhorar o acompanhamento do fluxo de materiais. Como pode ser observado na

figura 4 que estabelece um comparativo entre o cenário atual e o proposto.



**Figura 4:** Comparativo entre o cenário atual e o cenário proposto  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

Essa modificação permitirá que os operadores tenham maior visibilidade e controle sobre as etapas do processo, reduzindo o tempo necessário para identificar falhas, conforme observado em estudos sobre layouts em U aplicados a indústrias brasileiras (Silva; Rodrigues, 2022). Essa configuração também potencializa a comunicação entre os operadores e promove um ambiente mais propício para a melhoria contínua (Almeida; Vieira, 2019).

A estimativa de redução na geração de sucata foi calculada com base nas medições realizadas no setor F, considerando a diminuição do tempo de detecção de não conformidades. Essa redução é atribuída principalmente à "redução aparente de percurso", que resulta em menor propagação de defeitos ao longo da linha. Embora preliminares, os cálculos indicam uma possível redução de 2.913 kg/mês no setor B e 6.971 kg/mês no setor E. Os resultados dessas análises, incluindo os valores atuais e os valores projetados de redução de sucata, serão apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 3:** Proposta de redução

SETOR	Volume (Kg/Mês)	Variedade	Sucata (Kg/Mês)	% sucata	produção Linear (Kg/s)
<b>Setor B</b>	<b>219636</b>	<b>6</b>	<b>8091</b>	<b>4%</b>	<b>0,102</b>
<b>Setor E</b>	<b>282558</b>	<b>2</b>	<b>14523</b>	<b>5%</b>	<b>0,131</b>
Perda de matéria (Kg/s)	Redução aparente e comprimento	Tempo de Det. Atual (s)	Redução de tempo engajada (s)	Economia de sucata (KG/s)	Total (KG/Mês)
0,0037	30%	6	1,8	0,007	2913
0,0067	40%	8	3,2	0,022	6971

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

Contudo deve-se destacar que esta se refere a uma estimativa prévia, que teve como principal fator para o cálculo da redução a "redução aparente de percurso", que foi obtida mediante comparações de tempo entre uma possível detecção de inconformidade no setor F e nos setores B e E, a partir de observações *in loco*.

Por fim, destaca-se que a implementação do layout em U deve ser acompanhada de um programa de capacitação para os operadores e de monitoramento dos indicadores de desempenho, de modo a validar os ganhos projetados e garantir a sustentabilidade das melhorias



(Pereira et al., 2020).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Este estudo teve como objetivo analisar o layout produtivo dos setores de uma fábrica de aros e cabos localizada no estado do Rio de Janeiro, com foco na relação entre volume e variedade, tipo de manufatura e a eficiência dos layouts adotados. A partir da classificação dos setores na matriz volume-variedade e de uma comparação interna com o setor F, foi possível identificar limitações nos setores B e E, especialmente relacionadas à distância física entre as etapas de trefilagem e torção e à falta de delimitação clara entre as células produtivas.

Os resultados evidenciaram que os setores B e E apresentam arranjos com características de layout celular, mas com deficiências que comprometem a eficiência operacional, como a grande distância entre os equipamentos e a dificuldade na detecção de não conformidades. Em contrapartida, o setor F demonstrou um arranjo mais enxuto e eficiente, com melhor supervisão do fluxo produtivo e menores índices de geração de sucata, alinhando-se às melhores práticas de layout por processo e princípios do Lean Manufacturing (Silva; Rodrigues, 2022).

Com base nesses achados, foi proposta a adoção de um layout em U nos setores B e E, de modo a aproximar fisicamente as etapas de trefilagem e torção, reduzir tempos de resposta às falhas e minimizar a geração de sucata. Estimativas preliminares indicam que tal mudança poderia resultar em uma redução de até 2.913 kg/mês de sucata no setor B e 6.971 kg/mês no setor E, reforçando o potencial das melhorias propostas.

O estudo contribui para a literatura ao demonstrar a aplicabilidade da matriz volume-variedade como instrumento diagnóstico para otimização do layout, bem como ao apresentar evidências de que layouts em U podem trazer benefícios significativos para processos em lote com necessidade de flexibilidade e agilidade (Pereira et al., 2020).

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a implementação experimental da reconfiguração proposta, acompanhada por um monitoramento sistemático dos indicadores de desempenho para validar empiricamente os ganhos projetados. Adicionalmente, seria interessante explorar abordagens multicritério para seleção de layout, que considerem, além da eficiência operacional, aspectos ergonômicos, de segurança e sustentabilidade (Almeida; Vieira, 2019).

Essas perspectivas ampliam o campo de pesquisa para análises mais abrangentes e robustas, capazes de contribuir tanto para a prática industrial quanto para o avanço do conhecimento acadêmico na área de Engenharia de Produção.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. S.; VIEIRA, A. P. Avaliação multicritério para seleção de layout em uma indústria de autopeças. *Anais do SIMPEP*, Bauru, 2019.
- BYRNE, Art. *Lean turnaround: a grande virada*. Tradução de James P. Womack. São Paulo: M.Books, 2012.
- CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J.; JACOBS, F. Robert. *Administração da produção para a competitividade estratégica*. 10. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração da produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- MENEZES, L. M.; COSTA, R. S. Aplicação da matriz produto-processo para análise de layout em uma indústria têxtil. *Anais do ENEGEP*, Foz do Iguaçu, 2021.
- MOREIRA, Daniel Augusto. *Produção e operações*. São Paulo: Pioneira, 1998.
- PEREIRA, D. T. et al. Redução de desperdícios em linha de produção: estudo de caso com layout celular. *Anais do SEGTEC*, Rio de Janeiro, 2020.





**SILVA, R. P.; RODRIGUES, M. C.** Implementação de layout em U em uma indústria metalúrgica: um estudo de caso. *Anais do ENEGEP*, Foz do Iguaçu, 2022.

**SILVEIRA, Denise; CÓRDOVA, Fernando.** *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2009.

**SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert.** *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

**STEVENSON, William J.** *Administração das operações*. 9. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

**TOMPKINS, James A. et al.** *Facilities planning*. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

**TUBINO, Dalvio Ferrari.** *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

**WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.** *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 2003.