



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Estudo de Caso do Projeto de Fábrica e Layout em uma Metalúrgica de Sertãozinho com a Integração de Tecnologias Digitais no Processo de Usinagem

Beatriz Fernanda de Oliveira Borges

Gestão de Produção Industrial – FATEC Sertãozinho

Mary Jhayne Vilella do Nascimento

Gestão de Produção Industrial – FATEC Sertãozinho

Luiz Rodrigo Bonette

Gestão de Produção Industrial – FATEC Sertãozinho

Resumo: As plantas fabris são um ambiente dinâmico com o excesso de modificações, que acontecem com o decorrer do tempo para acomodar o Projeto de Fábrica e Layout (PFL). Dessa forma, surgem locais com gargalos, que retêm o tempo e o espaço, causando ociosidade no processo produtivo. O objetivo geral deste estudo é avaliar o *layout* de uma indústria metalúrgica com o uso de conceitos do PFL e integrar novas tecnologias para readequar a distribuição física da fábrica ao cenário atual, propondo um novo *layout* no processo de usinagem. Foi utilizado o método de Estudo de Caso Único associado ao Planejamento Sistemático do Layout (*System Layout Planning* – SLP). Conclui-se que o SLP deve ser aplicado ao *layout* para identificar as limitações e oportunidades de sua melhoria e propõe-se um mapeamento e um plano de ação para integrar novas tecnologias nessa indústria, a fim de melhorar seu fluxo produtivo e a coleta sistemática dos dados para o seu *layout*.

Palavras-chave: Projeto, Fábrica, *Layout*, Tecnologias.

Case Study: Factory Layout Project in a Metallurgy Plant in Sertãozinho with Digital Technology Integration in the Machining Process

Abstract: Factory plants are a dynamic environment with an excess of modifications that occur over time to accommodate the Factory and Layout Project (FLP). As a result, bottleneck areas emerge, which hinder both time and space, leading to inefficiency in the production process. The overall objective of this study is to evaluate the layout of a metallurgical industry using FLP concepts and integrate new technologies to reconfigure the physical distribution of the factory to the current scenario, proposing a new layout in the machining process. The Single Case Study method was employed in conjunction with System Layout Planning (SLP). It is concluded that SLP should be applied to the layout to identify its limitations and improvement opportunities, and a mapping and action plan is proposed to integrate new technologies into this industry to enhance its production flow and systematically collect data for its layout

Keywords: Project, Factory, Layout, Technologies.

1 Introdução

Os estudos aplicados dentro do universo das instalações industriais e da especialidade Projeto de Fábrica e Layout (PFL) exploram a coleta de dados, pré-requisitos, estudo básico, questões estratégicas, projeto da necessidade de espaços, projetos de *layout*, instalação, avaliação e operação do *layout* projetado e o projeto de edificação da planta industrial (NEUMANN; SCALICE, 2015). É dentro desse universo das instalações industriais e do PFL que este estudo será aplicado em uma metalúrgica no distrito industrial da cidade de Sertãozinho.

Avaliar e readequar fluxos e processos de fabricação em indústria de equipamentos metalúrgicos, mapeando a redução do deslocamento de materiais, produtos e pessoas, e, ainda, viabilizar a supervisão e obtenção da qualidade e garantia de alta performance pretendidas pela empresa são os objetivos centrais deste estudo.

Tortorella e Fogliatto (2008) descrevem que a correta utilização do espaço físico de uma fábrica é um fator importante para o seu bom funcionamento, já que estabelece a sua organização fundamental bem como os padrões de fluxo de materiais e informações com efeitos que se farão presentes no longo prazo. Esses autores utilizaram o método SLP (*System Layout Planning* – Planejamento Sistemático do Layout) com o intuito de analisar, pesquisar e selecionar a instalação industrial.

Por isso, esta pesquisa irá utilizar do SLP, de acordo com Tompkins *et al.* (1996), para gerar as evidências no estudo de caso único sobre as melhorias do espaço e a adição de tecnologias na eficiência do processo produtivo.

Os objetivos gerais deste estudo são avaliar o *layout* de uma indústria metalúrgica com o uso de conceitos do PFL e integrar novas tecnologias para readequar a distribuição física da fábrica ao cenário atual, propondo um novo *layout* no processo de usinagem e fabricação de uma peça específica de eixo de centrífuga.

A avaliação e a readequação desses fluxos e processos de fabricação demonstrarão um novo *layout* na produção de peças e equipamentos, e trarão a hipótese de alternativas de redução do deslocamento de materiais, produtos e pessoas, viabilizando a excelência no atendimento às demandas e obtenção da qualidade pretendida na Empresa.

O método utilizado foi um estudo de caso único através da coleta de dados como entrevistas, análises documentais e observações no chão de fábrica associado ao modelo SLP de acordo com Tompkins *et al.* (1996).

Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira contextualiza o tema *layout* de fábrica e instalações industriais e a necessidade aplicação dele como ferramenta o processo do segmento metalúrgico, encontrando a melhor distribuição física do *layout* para o atual momento do processo de usinagem. A segunda seção traz a fundamentação teórica com a conceituação sobre Projeto de Fábrica e Layout (PFL) e as Fábricas Inteligentes. A terceira seção apresenta as etapas de aplicação do estudo de caso único associado ao modelo de SLP de Tompkins *et al.* (1996). A quarta seção apresenta os resultados das coletas de dados das informações elaboradas para a estruturação de novo *layout* de fábrica ao processo de usinagem. E, na quinta seção, conclui-se que, apesar de a literatura sobre Fábricas Inteligentes e Tecnologias Digitais estar em contínua experimentação e implementar o mundo nas últimas décadas, o segmento de metalurgia, ainda, precisa de investimentos no contexto local desse tema e orienta que, antes da adição de Tecnologias Digitais que melhorem o processo produtivo, é necessária a aplicação do modelo de SLP para definir o *status* do PFL para depois inserir essas tecnologias disponíveis.

2 Revisão Teórica

2.1 *Layout* de Fábrica e Instalações Industriais

O *layout*, ou arranjo físico, pode ser definido como a localização e a distribuição dos recursos produtivos, como máquinas, equipamentos, pessoas e instalações no chão de fábrica (SILVA; RENTES, 2012). Rodrigues *et al.* (2012) descrevem que um arranjo físico inadequado, geralmente, é responsável por problemas de produtividade ou pelo nível de qualidade baixo. Isso pode tornar essencial a transformação completa do *layout* para reduzir os custos de operação. Como salienta Silva (2020), o *layout* é um elemento fundamental para o aumento de produtividade e, quando bem implementado, melhora a circulação de pessoas e materiais na organização.

A disposição dos equipamentos de produção no chão de fábrica impacta diretamente o desempenho da empresa. Desse modo, a proposta de um novo modelo de projeto de *layout* pode proporcionar melhorias no gerenciamento das atividades no processo produtivo existente (SILVA; RENTES, 2012).

Segundo da Silva *et al.* (2015), as alterações no arranjo físico proporcionam melhorias no fluxo produtivo, eliminam ou reduzem espaços improdutivos, diminuem *lead time* e aumentam a comunicação e a integração entre os setores bem como a supervisão destes. Já para Tortorella e Fogliatto (2008), o planejamento do arranjo físico de uma empresa tem como finalidade apoiar a estratégia de manufatura das empresas no que diz respeito a produtos, processos, programação, mão de obra etc.

Conforme Favaretto *et al.* (2011), o *layout* de uma organização deve ser conduzido de forma eficaz, desde o posto de trabalho do operador até a montagem final do produto, pois ele reflete diretamente nos resultados do negócio da empresa.

De acordo com Amaral *et al.* (2012), o arranjo físico influencia fortemente sobre o desempenho dos processos produtivos, uma vez que a localização dos recursos de transformação pode comprometer a produtividade, fazendo com que os recursos transformados tenham que realizar percursos, os quais aumentem os custos e comprometem o prazo de atendimento dos pedidos.

2.2 Fábricas Inteligentes e Tecnologias Digitais

A fábrica do futuro, ou o conceito de Fábrica Inteligente, é uma fábrica, que deverá operar de forma mais simples possível, entendendo suas necessidades de flexibilidade, baseada em alto investimento no domínio dos processos, focando o ser humano como elemento-chave, com visão extensiva (global e amplo) na melhoria contínua e na gestão cooperativa integrada, exercida pelas empresas e na sua cadeia de fornecimentos. Portanto, está vigorosamente apoiada por sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), auxiliando e provendo meios para que haja sinergia entre processos, pessoas, produtos, fornecedores e clientes (PEREIRA; DAL FORNO; TUBINO; 2008).

Na perspectiva de Del Val Roman (2016), o termo Indústria 4.0 é usado de forma geral na Europa. Na Alemanha, por exemplo, é habitual referir-se a esse conceito com termos como “*Internet Industrial*” ou “Fábrica Inteligente”. Definidamente, trata-se da implementação na indústria do modelo “*Internet of Things*” (IoT), em português conceituada como “Internet das Coisas”. Todos esses termos têm em comum o reconhecimento de que os processos de fabricação se encontram em transformação digital, uma “revolução industrial” produzida pelo avanço das tecnologias de informação, particularmente da informática e do *software*.

Segundo Pimenta *et al.* (2022), a indústria inclui essa nova forma de fabricação, nomeada de Fábricas Inteligentes, aplicando diversas tecnologias da Indústria 4.0, que são para aparelhar a comunicação entre objetos bem como o volume de resoluções e a

sincronização do ambiente virtual e real. O progresso das melhorias tecnológicas nos modelos de fabricação resulta em dados em tempo real, possibilitando decisões mais inteligentes e otimizadas. Isso leva ao menor desperdício, produtos de maior qualidade e custos de fabricação reduzidos.

No entanto, Abreu e Miranda Júnior (2022) reconhecem certos termos, como “Indústria 4.0”, que são empregados na indústria para descrever conceitos como “*Smart factory*”, “*Intelligent Factory*” e “*Factory of the Future*”, que oferecem uma visão das fábricas do futuro.

Essas terminologias sugerem que as fábricas futuras serão mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Adicionalmente, uma “*Smart Factory*”, também, pode ser definida como uma unidade de produção, que fabrica produtos inteligentes por meio de equipamentos e cadeias de abastecimento inteligentes. Desse modo, Pereira e Simonetto (2018) analisaram vários documentos publicados, nos quais foram abordados diversos conceitos, incluindo tecnologias, que fazem parte da Indústria 4.0, como a “Internet das Coisas” e os “Sistemas Ciberfísicos”, as “Fábricas Inteligentes” e a “*Internet of Service*”; em português “Internet dos Serviços”. Além disso, foram discutidas as características distintas desta quarta revolução industrial bem como os pilares, que a sustentam, apresentados no Tabela 1:

Tabela 1 – Pilares da Indústria 4.0

1. <i>Big data</i> e análise de dados.	Coleta e análise de dados em grandes volumes.
2. Robôs autônomos.	Robôs, que atuam sem, ou quase nenhuma, intervenção humana.
3. Simulação.	Modelo virtual.
4. Integração de sistemas horizontal e verticalmente.	Interligação de sistemas.
5. A Internet das Coisas Industrial.	Rede, que possibilita a conexão de todos os dispositivos e processos.
6. Segurança cibernética.	Proteção dos dados virtuais.
7. Nuvem.	Armazenamento virtual de dados.
8. Fabricação de aditivos.	Impressão 3D.
9. Realidade aumentada	Conexão da realidade com o mundo virtual.

Fonte: elaborada a partir de Pereira e Simonetto (2018)

Todavia, para Yamada (2019), a ideia da fábrica avançada está ligada às tecnologias de informação e engenharia conhecidas como Pilares da Indústria 4.0. Esses Pilares representam tecnologias inovadoras destinadas a serem integradas nas fábricas, visando à sua transformação em ambientes inteligentes. Essa integração possibilita a automatização dos processos, resultando na diminuição de despesas e no aumento da eficiência produtiva.

A pesquisa sobre a literatura revelou três autores, com três perspectivas, que acrescentam a esta discussão sobre Fábrica Inteligente e Indústria 4.0. Segundo a perspectiva de Matos (2021), os conceitos de Indústria 4.0 e manufatura inteligente (fábrica inteligente) são relativamente recentes no cenário acadêmico e no comércio internacional. Eles abrangem a incorporação de tecnologias digitais na indústria de manufatura, que envolve a adoção de inovações, como a Internet das Coisas, a computação móvel no ambiente de produção, a utilização de nuvem, a análise de grandes conjuntos de dados, as redes de sensores sem fio, os sistemas embarcados e os dispositivos móveis, juntamente com outras aplicações e dispositivos, que permitem a evolução da TIC.

Sob a perspectiva de Santos (2018), a Indústria 4.0 é a digitalização dos setores industriais, com foco na fabricação inteligente e representa a quarta revolução industrial, abrangendo manufatura discreta e de processo, logística, indústria química, energia, transporte,

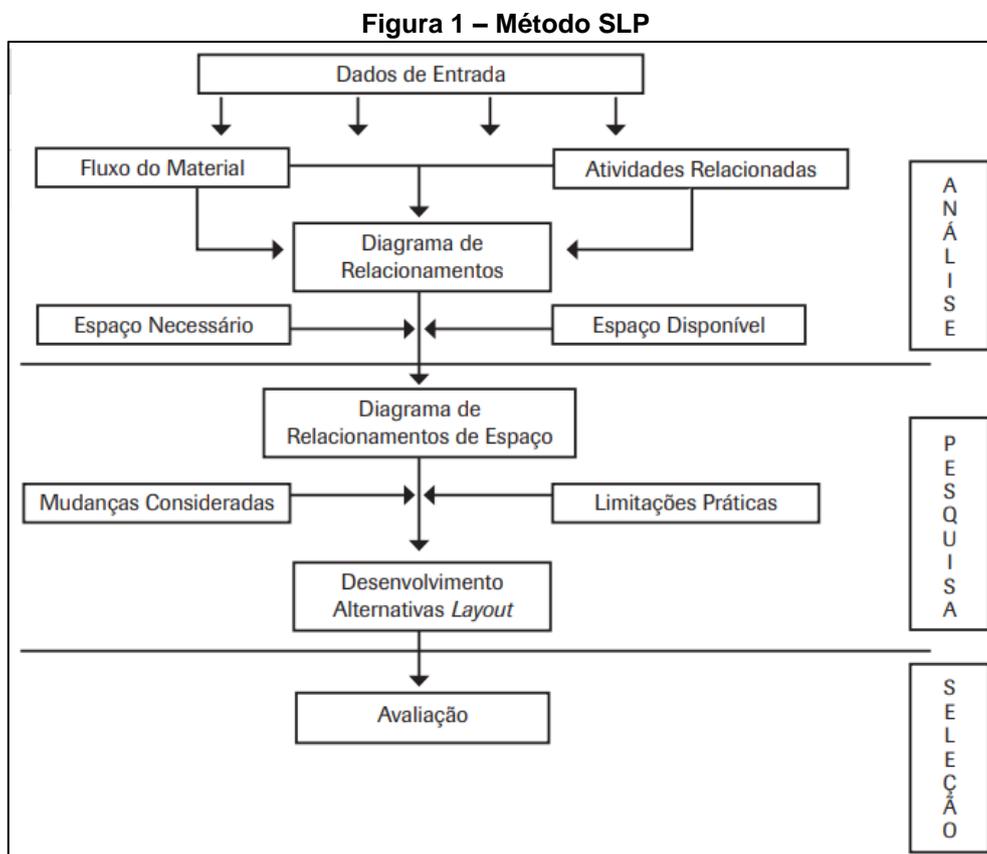
serviços públicos, petróleo e gás, mineração, saúde, farmacêutica e até mesmo cidades inteligentes.

Uma outra perspectiva são os resultados obtidos por Abreu (2018), que destaca a importância da Gestão de Pessoas na mitigação dos riscos associados às mudanças organizacionais. Isso ocorre por que a evolução para uma “fábrica inteligente” depende do conhecimento dos indivíduos, que operam nesse contexto. Portanto, as empresas devem se estruturar em torno da era digital, incentivando a aprendizagem em escala, a fim de aproveitar recursos externos de conhecimento e integrar informações para aprimorar a adoção de estratégias mais eficazes.

Os sistemas físicos cibernéticos representam a convergência dos mundos físico e virtual, permitindo a criação de redes, nas quais objetos inteligentes interagem e se comunicam entre si (GTAI, 2014). Complementando, a Acatech (2013) destaca que, dentro do contexto da indústria, esses sistemas englobam máquinas inteligentes, sistemas de estoque e instalações industriais com capacidade de comunicação e controle autônomo. Essas transformações viabilizam o desenvolvimento de fábricas inteligentes, que têm a capacidade de processar pedidos individuais de clientes, oferecer flexibilidade na produção para se adaptar a variações e assegurar a transparência no processo de fabricação, visando a otimizar a tomada de decisões.

3 Método de Estudo de Caso da Metalúrgica com o SLP

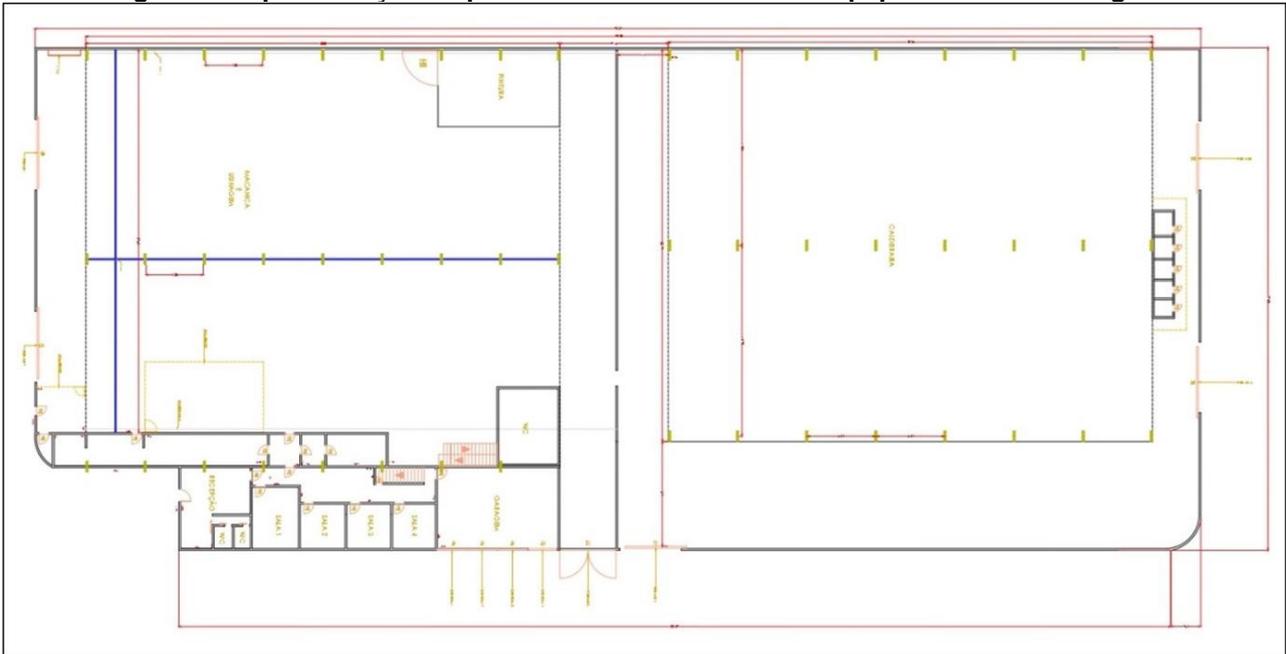
Foi aplicado um Estudo de Caso Único, conforme Yin (2015), e utilizadas quatro fontes de coleta de dados: (1ª) 20 entrevistas aplicadas aos funcionários da indústria, (2ª) observações e anotações extraídas pelo mezanino, (3ª) pesquisa documental e (4ª) 22 fotos obtidas do chão de fábrica para a análise da planta fabril. Em seguida, aplicou-se o método de SLP, buscando propor um plano de ação para a readequação de um novo Projeto de Fábrica e Layout, conforme Tompkins *et al.* (1996), exposto na Figura 1.



3.1 Apresentação da Indústria de Equipamentos Metalúrgicos

A indústria está situada no Distrito Industrial de Sertãozinho e possui dez anos de experiência na área com 340 clientes nacionais. Tem um catálogo com mais de 20 produtos ou peças para o mercado. São 90 colaboradores efetivos. A planta fabril possui os 11 departamentos (Engenharia, Compras, Almoxarifado, Recursos Humanos, Comercial, Segurança do Trabalho, Planejamento e Controle de Produção, Usinagem, Mecânica, Pintura e Caldeiraria). É apresentada na Figura 2 a sua planta fabril.

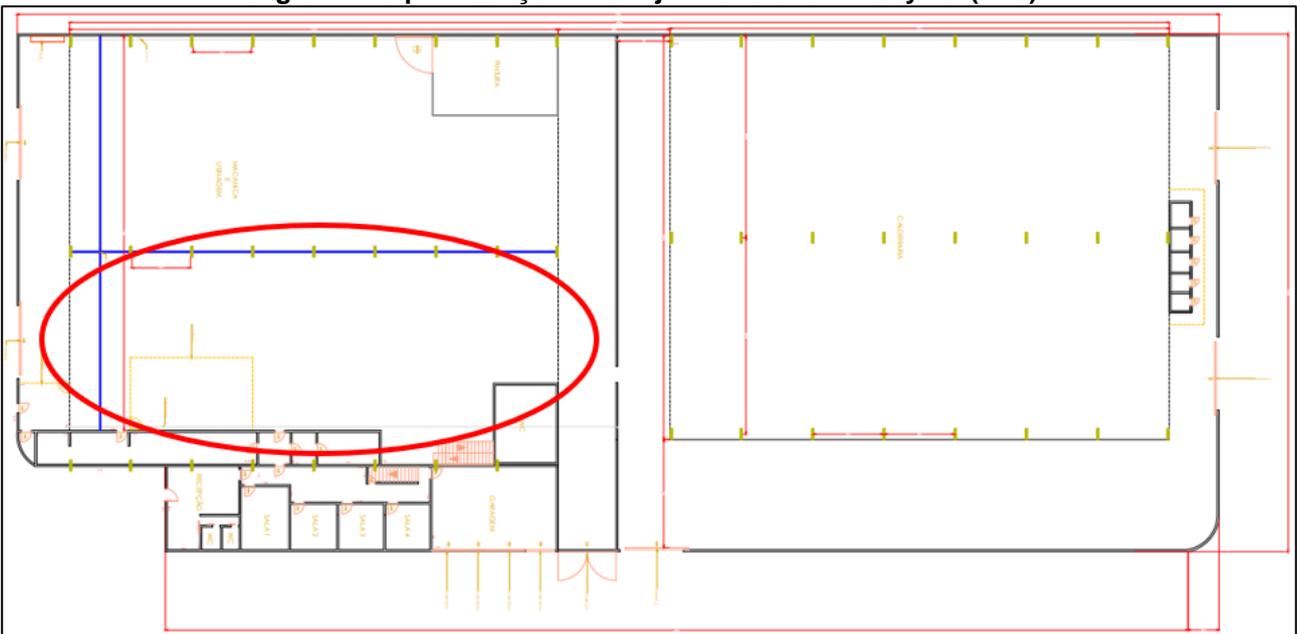
Figura 2 – Apresentação da planta fabril da indústria de equipamentos metalúrgicos



Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)

O recorte desta pesquisa expõe apenas as limitações do *layout* do processo produtivo de usinagem apresentado na Figura 3 da produção da peça “Eixo de Centrifuga KONT” e analisado pelos três especialistas pesquisadores, identificando a maior limitação operacional pelas quatro fontes de coleta de dados já mencionadas.

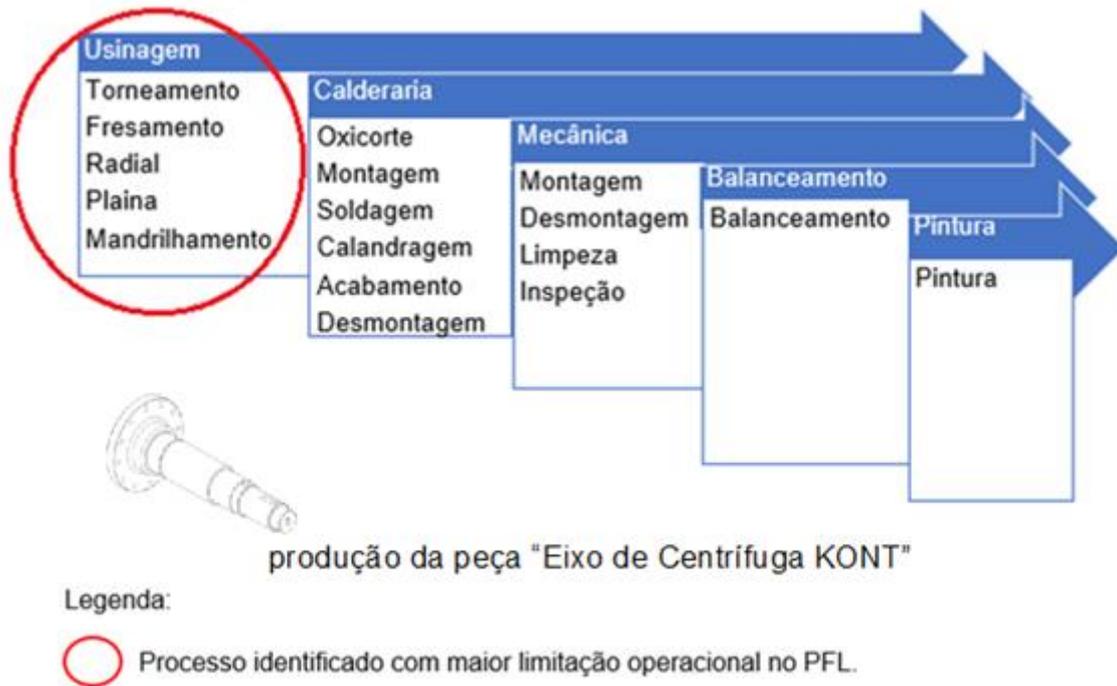
Figura 3 – Apresentação do Projeto de Fábrica e Layout (PFL)



Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)

Na Figura 4, é possível identificar o processo de usinagem como crítico de melhorias.

Figura 4 – Processo produtivo da indústria de equipamentos metalúrgicos



Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)

4 Resultados e Discussão

Nas 20 entrevistas, os colaboradores da linha de produção completa trouxeram alguns pontos de atenção, que são norteadores para a reflexão ao PFL atual e futuro:

- o setor e processo com maior limitação de espaço é a Usinagem, seguido pela Calderaria e, por último, pela Mecânica.
- O setor de Usinagem é primordial devido à necessidade de separação de peças, que precisam ser usinadas ou reusinadas, porque perderam a sua forma e/ou a durabilidade.
- O tipo de *layout* identificado é o "Layout Físico Posicional", onde os recursos e máquinas estão em locais fixos e específicos de modo que os produtos se deslocam de uma estação para outra.
- A demanda de serviços entre os meses de maio e outubro é baixa, enquanto entre outubro e abril é alta (entressafra).

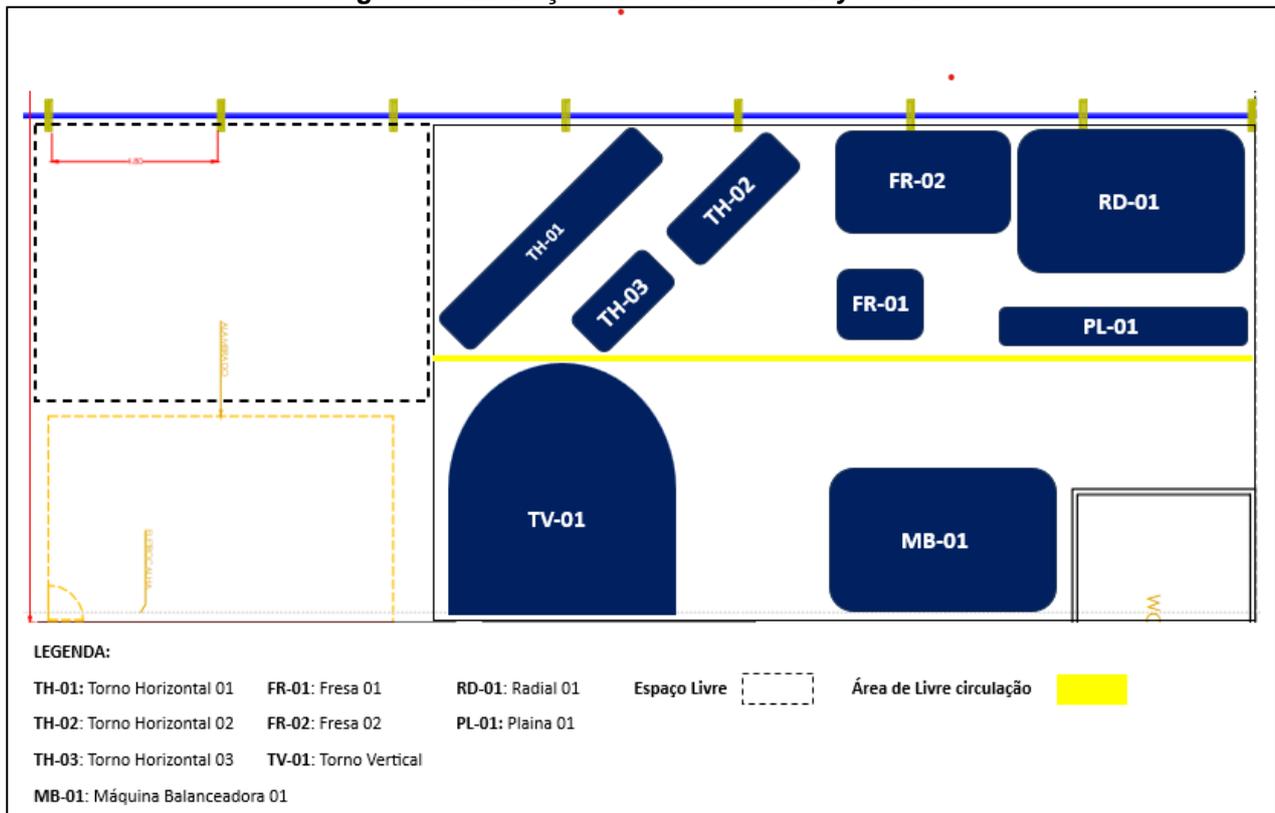
O processo de Usinagem tem um criticidade, pois é o processo inicial de produção do *layout*, tornando-o essencial, para que se possa determinar uma sequência de trabalho a ser feito (por exemplo, uma peça não pode ser furada na radial antes de ser usinada no torno).

A aplicação do modelo de novo PFL, de Tompkins *et al.* (1996), levantou algumas informações, como:

- a Figura 4 – Limitações de Práticas – reporta o entendimento do *Layout* Atual.
- A Figura 5 – Aplicação do Diagrama de Relacionamentos no Processo de Usinagem – escalona a importância de cada máquina no processo produtivo de Usinagem.
- A Figura 6 – Carta "De Para" – identifica o fluxo do processo e as atividades entre as máquinas.
- A Figura 7 – Mudanças Consideradas – propõe o *Layout* Futuro.

Os resultados do *layout* atual trazem a dimensão e a visualização da área (Figura 4).

Figura 4 – Limitações de Práticas do *Layout* Atual

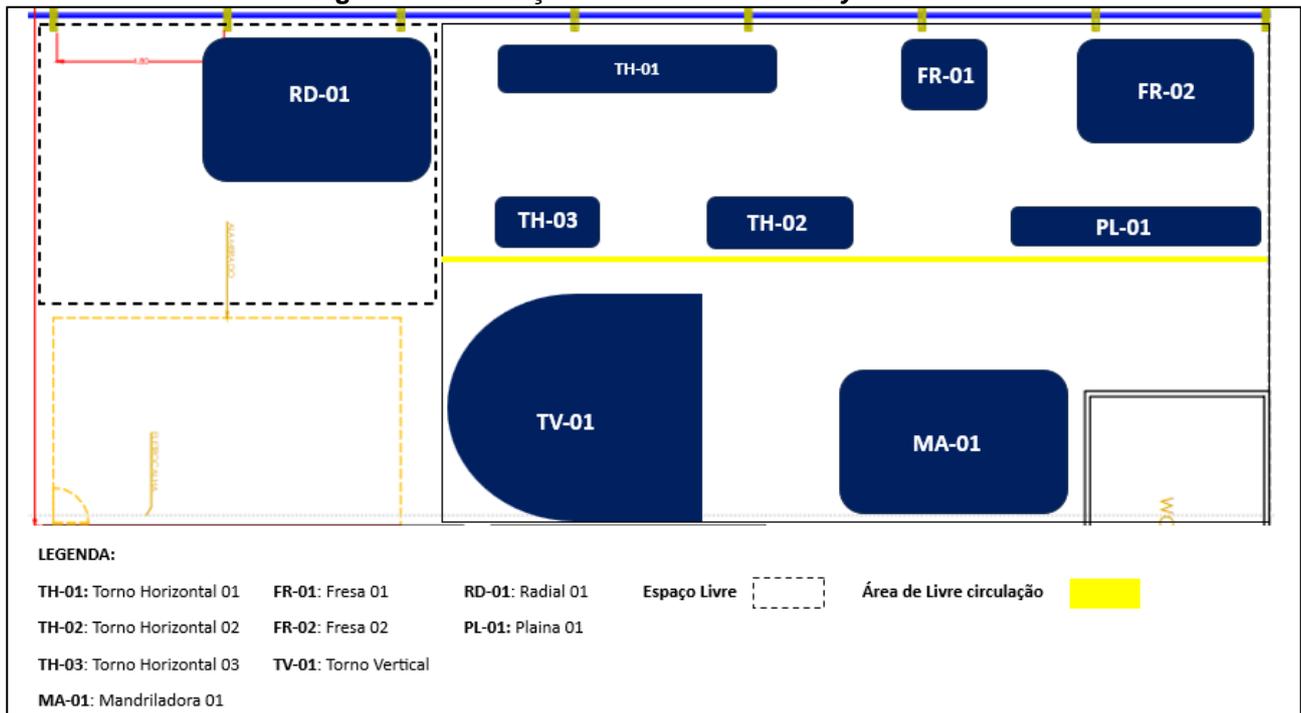


Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)

Os tornos horizontais estão dispostos em posição diagonal. Isso dificulta a movimentação de peças com ponte rolante e a preparação de peças a serem usinadas na máquina. A máquina radial está posicionada em um local inadequado, uma vez que, quando se é necessário usinar de peças grandes, elas precisam ser movimentadas com a ponte rolante por cima de todo o setor, das máquinas e dos próprios operadores, expondo-os a riscos graves de um acidente. Por exemplo, se a cinta se rompesse ou os freios da ponte falhassem, pode-se ocasionar um acidente fatal ou a perda de um maquinário por completo. No torno vertical, foi observado que a entrada de peças se torna difícil quando é preciso fazer usinagem de peças grandes, uma vez que ela se encontra próxima aos demais tornos. Por último, a máquina balanceadora, que não faz parte do processo de Usinagem, ocupa o lugar de outro maquinário, que poderia ser inserido na usinagem ou no espaço de passagem.

A Figura 7 dimensiona e descreve o *layout* futuro pelas mudanças consideradas na área.

Figura 7 – Mudanças Consideradas no *Layout* Futuro



Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)
 É proposta, como melhoria, a alteração do posicionamento dos tornos horizontais em linha reta. Isso irá melhorar a movimentação com a ponte rolante de peças além de possibilitar a entrada de empilhadeiras ou paleteiras. Com isso, o *lead time* de preparo de peças, também, seria diminuído. A radial estará mais bem alocada no espaço, que, anteriormente, estava sem maquinários, possibilitando a livre movimentação de peças, sem expor os operadores a riscos. O torno vertical teria melhor aproveitamento se sua abertura estivesse posicionada próxima à entrada da usinagem, facilitando a movimentação de peças, uma vez que o espaço se torna automaticamente maior. Por último, a máquina balanceadora seria retirada do setor, possibilitando a alocação da máquina mandriladora, que foi recentemente adquirida pela empresa nos últimos meses e, ainda, não está sendo operada. Após o diagnóstico do PFL é proposto um mapeamento e plano de ação para modernização do PFL observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Mapeamento para a adição de tecnologias digitais no PFL do processo de Usinagem

Função	Utilizada	Utilizada	Utilizada	Não Utilizada	Não Utilizada	Não Utilizada
Atividades	Torneamento	Fresamento	Radial	Plaina	Balanceamento	Mandrilhamento
Números Máquinas	5 Tornos	2 Fresas	1 Radial	1 Plaina	1 Balanceadora	1 Mandriladora
Quantidade Operários Máquina	1	1	1	1	1	1
Tempo Atividade	20(horas)	3 (horas)	7 (horas)	Não utiliza	Não utiliza	Não utiliza
Ordem Atividades	1º	2º	2º	2º	3º	2º

Fonte: elaborada a partir de dados coletados da indústria de equipamentos metalúrgicos (2023)
 O plano de ação adiciona e integra tecnologias da Indústria 4.0 nas máquinas do setor de Usinagem (tornos, fresa, radial, mandriladora e plaina), a fim, de melhorar a eficiência do fluxo produtivo com maior assertividade à visualização do PFL. As tecnologias de *Big Data* e Internet das Coisas (IoT), se implantadas nos maquinários, coletariam os dados e monitorariam o tempo real, minerando os dados para a programação das manutenções corretivas, preventivas e preditivas, resultando na diminuição de paradas inesperadas e

reparos, e tendo maior exatidão na resolução de falhas imediatas. Além disso, poderiam ser adicionados Microcontroladores Arduínos com uso de IoT, associados a sensores e câmeras de realidade aumentada para mineração dos dados (Manufatura Aditiva). A realidade aumentada poderia ser utilizada pelos operadores para melhorar a visualização das peças, que estão sendo usinadas e reusinadas, auxiliando na conferência de medidas e resultando em produtos finalizados com maior precisão e qualidade. Por fim, a simulação de eventos discretos aplicada ao processo de Usinagem poderia replicar cenários e tempos de operações para uma única peça, auxiliando na tomada de decisão para melhorar os tempos de filas e detalhar os eventos, que formam essas atividades do processo.

5 Conclusão

O objetivo do estudo foi alcançado pelo método SLP para *layout*, readequando e distribuindo as máquinas deslocadas do seu local de atividade e processo. Com isso, gerou a oportunidade para alocá-las em seu local correto do PFL.

Um conjunto de achados foi encontrado, como a diminuição de riscos graves de acidentes e falhas no processo, e, por outro lado, a redução dos *lead times* do processo produtivo. O mapeamento e plano de ação propõe integrar as tecnologias da Indústria 4.0 ao processo de Usinagem, tornando-a, em parte, uma Fábrica Inteligente.

A coleta dos dados do *layout* seria por Mineração de Dados com o uso de Aprendizado por Máquinas com as informações da Simulação dos Eventos Discretos construindo uma Inteligência Artificial. Dessa forma, aconteceria a modernização do processo de usinagem de fabricação da peça do eixo de centrífuga.

Referências

- ABREU, Pedro Henrique Camargo. Perspectivas para a Gestão do Conhecimento no Contexto da Indústria 4.0. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 10, p. 126-145, 2018.
- ABREU, Thiago Rizzo; MIRANDA JUNIOR, Hamilton Lopes de. **Indústria 4.0 nos atacados e distribuidores**. Rio de Janeiro: Centro Universitário La Salle, 2022.
- AMARAL, Lilian *et al.* O papel do arranjo físico e da gestão de informações como ferramenta para melhoria da competitividade e desempenho dos processos de uma lavanderia industrial. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 48-63, 2012. ISSN 2318-3233.
- DEL VAL ROMAN, José Luis. Indústria 4.0: a transformação digital da indústria. *In: Valência: Conferência de Diretores e Reitores de Engenharia de Computação, Relatórios CODDII*, 2016.
- FAVARETTO, Pablo Vinícius *et al.* Projeto de *Layout* Industrial para uma empresa do ramo metalmeccânico com base nos Princípios da Produção Enxuta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 13, n. 1, p. 45-71, 2011.
- GERMAN TRADE & INVEST – GTAI. **Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future**. 2014. Disponível em: https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf. Acesso em: 16 ago. 2023.

MATOS, Lisbet Gamboa. Aplicación en la industria 4.0. **Revista Complejidades del Ágora Jurídica**, v. 2, n. 1, p. 78-89, 2021.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING – ACATECH. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. 2013. Disponível em: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Campus, 2015.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1-, 2018.

PEREIRA, Fernando Augusto; DAL FORNO, Ana Júlia; TUBINO, Dalvio Ferrari. Flexibilidade no contexto do desenvolvimento de fábricas inteligentes. **Revista Produção Online**, v. 8, 2008.

PIMENTA, Gabrielle Oliveira *et al.* **As tecnologias das fábricas inteligentes: uma análise Brasil e Coreia do Sul**. 2022.

RODRIGUES, Enio Fernandes *et al.* A Interferência do Arranjo Físico nas Operações de uma Lavanderia Industrial. *In: SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, v. 9, 2012.

SANTOS, Sandro. **Introdução à Indústria 4.0: saiba tudo sobre a revolução das máquinas e investimentos**. , 2018.

SILVA, Alessandro Lucas da; RENTES, Antonio Freitas. Um modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop* com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. **Gestão & Produção**, v. 19, p. 531-541, 2012.

SILVA, Ana Lucia Fernandes da. Proposta de melhoria de *layout*: um estudo de caso no setor de aramados de empresa metalúrgica. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, v. 6, n. 3, p. 13-26, 2020.

SILVA, Jonathan Magno Norte da *et al.* Planejamento Sistemático do *Layout*: aplicação em uma indústria de painéis esmaltados. **Revista Espacios**, v. 36, n. 9, 2015.

TOMPKINS, James A. *et al.* **Facilities Planning**. 2. ed. New York: John Willey & Sons, Inc, 1996.

TORTORELLA, Guilherme L.; FOGLIATTO, Flávio S. Planejamento sistemático de *layout* com apoio de análise de decisão multicritério. **Production**, v. 18, p. 609-624, 2008.

YAMADA, Viviane Yukari; MARTINS, Luís Marcelo. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 95-109, 2019.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman, 2015.