



**Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP**  
**Escola de Minas**  
**Departamento de Engenharia de Produção**



***Lean Construction* Aplicado a uma Indústria de Pré-moldados: Uma  
Análise de Consumo e Perda do Aço**

Pedro Isac Rodrigues Pereira

**Ouro Preto - MG**  
**Janeiro/2023**

**PEDRO ISAC RODRIGUES PEREIRA**

***Lean Construction* Aplicado a uma Indústria de Pré-moldados: Uma  
Análise de Consumo e Perda do Aço**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos  
para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães.

**Ouro Preto - MG  
Janeiro/2023**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,  
ADMINISTRAÇÃO E ECON



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Pedro Isac Rodrigues Pereira**

***Lean Construction Aplicado a uma Indústria de Pré-moldados: Uma Análise de Consumo e Perda do Aço***

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 24 de janeiro de 2023

Membros da banca

Dr<sup>a</sup>- Irce Fernandes Gomes Guimarães- Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)  
Dr<sup>a</sup> - Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)  
MSc - Samantha Rodrigues de Araújo (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

Dr<sup>a</sup> Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/01/2023



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/02/2023, às 05:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0466783** e o código CRC **14E7968C**.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pela minha vida, à minha família, meu pai, minha mãe e minha irmã. Um agradecimento especial à Eduharda, pelo apoio. Sou muito grato à minha orientadora Irce, por acreditar em mim e ter paciência. E por fim sou grato aos meus amigos e companheiros da República Arca de Noé.

## RESUMO

Essa pesquisa apresentou um estudo de caso sobre a metodologia *Lean Construction* aplicado a uma indústria de pré-moldados, com o objetivo de análise de consumo e perda de aço neste contexto. Dessa forma, o método utilizado para a pesquisa foi a pesquisa bibliográfica com uma seleção de artigos utilizando-se como critérios a disponibilidade de texto completo em suporte eletrônico e a abordagem do tema sobre a produção enxuta sendo utilizada para aumentar a produtividade e reduzir o desperdício. Também foi apresentado um estudo de caso, que foi estruturado na busca da aplicação dos conceitos de produção enxuta e na visualização dos resultados tais como: redução de tempos de ciclo, perdas e custos, além de melhoria no fluxo de materiais e no controle do processo. Outro fator analisado foi a simplificação das obras por meio de elementos pré-fabricados, já que o mercado exige que as empresas atendam demandas cada vez mais diversas dentro de prazos e preços reduzidos. Por meio desses dois métodos de pesquisa esse estudo apresenta uma discussão da importância do uso do *Lean Construction* em processos produtivos existente na indústria de pré-moldados e como essa metodologia pode auxiliar no consumo eficiente de aço, avaliando os desperdícios encontrados e medidas de melhoria. Como resultados foram apontadas melhorias no processo para redução de pontos de desperdício, assim como citado como o BIM poderia contribuir para melhor dimensionamento do consumo de aço.

**Palavras-chaves:** *Lean Construction*, Pré-moldados, Aço.

## ABSTRACT

This research presented a case study on the Lean Construction methodology applied to a precast industry, bringing a perspective of the analysis of steel consumption and loss. Thus, a selection of articles was made using as criteria the availability of full text in electronic support and the approach of the theme on lean production, which has with one of the objectives to increase productivity and reduce waste. The structured case study was based on the search for the application of lean production concepts that becomes increasingly necessary, as it can bring positive results such as reduction of cycle times, losses and costs, as well as improvement in material flow and process control. At a time when many construction companies seek to simplify their works using prefabricated elements since the market requires companies to meet increasingly diverse demands within deadlines and reduced prices. Therefore, in order to propose the discussion of the importance of Lean Construction, through the case study, we tried to make an observation of the production process existing in the precast industry and the analysis of steel consumption and loss through the application of lean production tools and techniques, evaluating the waste found and proposing improvement measures based on the principles of lean construction.

**Key-words:** *Lean Construction*, Precast, Steel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo tradicional de processo.....	21
Figura 2 – Produção como um processo de fluxo: ilustração simplista.....	21
Figura 3 - Dinâmica da plataforma BIM.....	23
Figura 4 – Resumo do plano de implantação do BIM .....	25
Figura 5- Etapas de produção de elementos pré-fabricados .....	27
Figura 6 – Modelo de pré-laje.....	31
Figura 7 – Armação de pré-laje .....	31
Figura 8 – Estoque de rolos de aço .....	34
Figura 9 – Suporte para rolos.....	34
Figura 10 – Máquina 1 .....	34
Figura 11 – Máquina 2 .....	34
Figura 12 – Máquina 3 .....	35
Figura 13 – Máquina 4.....	35
Figura 14 – Fluxograma de corte e dobra .....	35
Figura 15 - Estoque de barras pré-lajes.....	36
Figura 16 - Fluxograma produção pré-laje .....	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Formulação do problema .....	8
1.2 Objetivo geral e específicos .....	9
Os objetivos que orientaram este estudo são apresentados a seguir .....	9
1.2.1 Objetivo geral.....	9
1.2.2 Objetivos específicos .....	9
1.3 Justificativa de estudo .....	10
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1 Os Desperdícios na Indústria da Construção Civil .....	11
2.2 Mercado de aço no Brasil.....	13
<b>3. O SISTEMA LEAN MANUFACTURING.....</b>	<b>15</b>
3.1. Conceitos e ferramentas da Produção Enxuta.....	16
3.1.1 Jidoka .....	16
3.1.2. Poka-Yoke.....	16
3.1.3 Just in Time (JIT).....	17
3.1.3. Kanban .....	17
3.1.4. Mapeamento de fluxo de valor .....	18
3.1.5. Kaisen .....	18
3.1.6. Cinco Sentidos- 5S .....	19
3.2.7. Manutenção Produtiva Total.....	19
3.3. Construção enxuta (Lean Construction): alguns princípios.....	20
3.4. Plataforma BIM .....	22
3.5. Pré-fabricados .....	26
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5. ANÁLISE DO USO DO LEAN CONSTRUCTION EM UMA SITUAÇÃO PRÁTICA .....</b>	<b>30</b>
5.1 Caracterização da empresa.....	30
5.2 Objeto em estudo .....	30
5.3 Estudo da produção das pré-lajes.....	32
5.4 Análise do consumo de aço.....	37
5.5 Resultados do estudo de caso.....	39
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz um estudo que trata da utilização do *Lean construction* em setores onde há construção de pré-fabricados. Nesse sentido, apresentamos aqui os temas abordados, a relevância do estudo e dos conceitos citados, o objetivo geral e os objetivos específicos e a organização deste estudo.

### 1.1 Formulação do problema

A construção civil é um dos principais setores da economia de um país. No entanto, ainda é caracterizada por baixa produtividade e baixo controle em produção. Sendo assim, um dos maiores desafios da indústria da construção é o controle de resíduos. Principalmente quando o desperdício de tempo e recurso contraria completamente a filosofia do planejamento e da boa gestão. O gerenciamento de uma construção envolve a gestão de tempo, recursos e pessoas para desenvolver todas as atividades necessárias de um projeto dentro do cronograma e do orçamento.

Porém, infelizmente muito tem sido apontado que o desperdício na construção civil é ainda enorme e muitos deles estão diretamente relacionados ao planejamento da obra, ao programa, às técnicas envolvidas, bem como a forma manual, em que a grande maioria das obras são executadas (GALCERAN, 2013). Nesse sentido, buscar estratégias contemporâneas, que visem reduzir custos, aprimorar a qualidade dos produtos de forma a gerar valor, atender aos atributos e necessidades dos clientes, bem como melhorar continuamente produtos e processos têm sido de fundamental importância (HIRAGA; ZOCCAL; SATOLO, 2014).

Tais estratégias se tornam imprescindíveis devido a quantidade de desperdício visualizados na construção civil que, em boa parte, está relacionado ao processo artesanal ainda bastante recorrente neste setor (BASTOS; CHAVES, 2012). Diante disso, é possível afirmar que vários fatores (o tempo de exposição e a temperatura) afetam a eficiência da conversão de matérias-primas em produtos, ou seja, a mão de obra é essencial para o desenvolvimento das atividades, e a cada dia esse fator deixa de ser abundante e barato, sendo necessário inserir novas técnicas, aprimorar o modo de fazer, treinar e formar as equipes de trabalho e analisar e aprimorar esses processos (GALCERAN, 2013).

Com isso, a *lean construction* ou produção enxuta vem sendo um sistema bastante explorado devido às vantagens oferecidas no âmbito organizacional, em que facilita uma série de medidas e ferramentas como resposta à grande crise atual e à necessidade de empresas em

todos e quaisquer ramos a pôr em prática normas de competitividade de mercado (PEREIRA et al. 2015). Os conceitos inerentes à filosofia são baseados, basicamente, na atividade de eliminar os desperdícios existentes no sistema, o que resulta no aumento da produtividade e eficiência da linha produtiva (BASTOS; CHAVES, 2012).

Seguindo essa linha de raciocínio, Lopes e Frota (2015) reiteram que o objetivo *lean construction* é eliminar perdas no processo produtivo e tornar-se um sistema produtivo completo, referência de eficiência e eficácia, trazendo redução de custos, aumento a produtividade e qualidade no processo produtivo, de forma a garantir sobrevivência do negócio.

A filosofia *lean construction* é um sistema de aproveitamento e organização com o objetivo de eliminar o desperdício, melhorar eficiência e manter a qualidade, reduzindo os custos de produção (BASTOS; CHAVES, 2012).

Assim, este estudo se dedica à análise da metodologia *lean construction*, delineando sua aplicabilidade para minimizar a perda de aço numa fábrica de pré-moldados, levando em conta as diretrizes de implementação, como é feita a análise de desperdício e a utilização de ferramentas.

Dessa forma, a intenção deste estudo é delinear as questões que envolvam a metodologia *lean construction*, bem como a funcionalidade do método, sendo uma forma de contribuir com novos conceitos e permitir o uso de novos e diferentes métodos de produção como índice máximo, no intuito de analisar como eliminar os desperdícios e estruturar-se para a melhoria contínua.

## 1.2 Objetivo geral e específicos

Os objetivos que orientaram este estudo são apresentados a seguir:

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade do *lean construction* para minimizar a perda do aço em uma família de produtos pré-fabricados.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Mapear processos e verificar como é feito a análise de valor, análise de desperdícios e a utilização das ferramentas da qualidade;
- Buscar em artigos científicos sobre inserção do *lean* na construção que relatem estudos de caso voltados a inserção das ferramentas *lean* em processos da construção

civil;

- Apresentar diretrizes para implantação do *lean construction* em processo de fabricação de pré-fabricados.

### 1.3 Justificativa de estudo

A construção civil é uma indústria que representa cerca de 6% do PIB do Brasil (IBGE, 2021). De acordo com a Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA) (2017), diante do contexto industrial, a construção civil contribui com 34% do faturamento de todo o ramo industrial. Apesar de tal representatividade, Silva (2018) registra que a construção civil ficou defasada durante anos, quando se fala em eficiência, sistema de produção enxuta e sustentabilidade, quesitos que outros setores da indústria já estão mais adiantados.

Devido a este fato, atualmente a indústria da construção civil preocupa-se em aprimorar suas atividades, reduzir *lead time*, diminuir impactos ambientais e social e alcançar resultados mais eficientes e sustentáveis. Uma das alternativas que pode auxiliar e é utilizada neste setor em outros países é a construção enxuta (*lean construction*). Uma alternativa que pode ser utilizada conjuntamente ao *lean* é a construção com o uso de pré-moldados, pois limita o canteiro de obras a uma locação de montagem e permite maior padronização de processos e peças, além de reduzir a geração de resíduos e, por consequência, seu impacto ambiental.

Devido a estes fatos a relevância deste estudo está em entender como o *lean construction* se tornou um dos principais métodos de gestão e gerenciamento de projetos na construção civil. Avaliando, dentre outros benefícios, como a construção enxuta traz o aumento de produtividade, redução de custos e tempo de entrega do produto final aos clientes, elevando o nível de satisfação e eficiência do mercado.

### 1.4 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo deste estudo apresenta o tema, o objetivo e a justificativa da pesquisa. O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica abordando uma visão panorâmica da indústria da construção civil na ótica de alguns autores, a indústria do aço no Brasil. O Capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa e organização do estudo de caso utilizado, o 4 apresenta os resultados e discussão do trabalho e o Capítulo 5 traz as Considerações Finais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica de estudos que tratam da visão geral dos desperdícios na indústria da construção civil, o mercado do aço no Brasil e os princípios gerais *do Lean manufacturing e lean construction* que irão embasar as discussões acerca deste estudo.

### 2.1 Os Desperdícios na Indústria da Construção Civil

Existem diversos setores, sendo assim, empresas de segmentos variados que contribuem para aspectos econômicos diversos, como a geração de riqueza e, principalmente, de empregos para a população daquele país e são essenciais para o crescimento e desenvolvimento econômico de um país, principalmente aqueles que têm impacto significativo na economia e estão fortemente conectados com diferentes áreas, como é o caso da Indústria da Construção Civil (ICC). Este setor é um dos mais produtivos e importantes na economia de um país, pois contribui em grande escala para a oferta de emprego direto e indiretos dentro da construção civil e em outros domínios industriais, tais como o de ciência e de tecnologia (VIERA; NOGUEIRA, 2018). Este é um campo que também tem forte atuação na administração tributária e é responsável pela construção de toda a infraestrutura de um país, proporcionando crescimento em toda a cadeia produtiva (VIEIRA; NOGUEIRA, 2018).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Construção civil avançou 5,6% no último trimestre de 2020, o que poderia ter sido maior se não fosse a reorganização do país após o momento pandêmico do covid-19 e o alto preço dos insumos básicos do setor. Nota-se que o mercado de trabalho oficial da construção civil vem retomando suas forças e que após o ano de 2021 a força de trabalho da construção civil vem evoluindo, registrando 2,5 milhões de trabalhadores com carteira assinada em agosto/21 (CBIC, 2020).

Por outro lado, a construção civil tem experimentado diferentes cenários e encontra-se em processo de desenvolvimento de novas tecnologias construtivas, ampliação do mercado imobiliário além de obter parcerias entre os setores público e privado, para implantação de novos projetos e negócios (SILVA; ALENCAR, 2013).

Segundo Vieira e Nogueira (2018) o setor da construção civil é o principal responsável pela economia de um país e está intimamente relacionado com o desenvolvimento e a produção local.

Entretanto é perceptível que a indústria da construção tem uma grande quantidade de

resíduos, devido a ascensão em grande escala. Vários estudos de diferentes países (PINTO; MELO; NOTARO, 2016) confirmam que o desperdício é um problema frequente nos custos de construção e do desvio de tempo (ALVES, [s.d]). O autor comenta a respeito da necessidade de aprimorar as atividades a fim de racionalizar o uso dos recursos:

Com isso, a construção civil reúne uma série de atividades que afetam diretamente o bem-estar social e a capacidade produtiva de um país e, por envolver a natureza quantitativa e qualitativa dos recursos necessários, devem ser utilizados para buscar a otimização do processo. Como um todo, o combate aos desperdícios e perdas está voltado para soluções dinâmicas, meios para alcançar resultados e formar empresas potencialmente competitivas (ALVES, [s.d]).

Santo et al. (2014) explicitam que atualmente a construção civil no Brasil pode levar a intensa exploração dos recursos naturais e uso indevido destes materiais. Segundo o mesmo autor isto é facilmente visualizado pela quantidade desses materiais acumulados em canteiros de obras ou em calçadas, ruas etc., o que vem contribuindo para um ambiente degradado.

Algumas das sugestões apresentadas na literatura é a implantação do conceito *lean* na construção civil, o que segundo HIRAGA, ZOCCAL; SATOLO (2014) não representa apenas a atualização do sistema de gestão, mas também representa a mudança do modo de operação do empreendimento.

Ferrari (2021) pontua que a *Lean Construction* é um termo que está no mercado desde 1992, mas vem ganhando mais força ultimamente. O estilo de vida minimalista tornou-se socialmente aceito, e muitas pessoas valorizam mais as experiências do que as posses.

Assim, Ferrari (2021, p.1) complementa dizendo:

As empresas que adotam a filosofia *Lean* fazem mais com menos – o que não significa fazer uma entrega pobre de estrutura, estética e segurança. Porém, pode ser resumida em redução de custos, desperdícios e processos, culminando na otimização e excelência final do processo como um todo. Por meio de uma investigação detalhada dos métodos usados no projeto, a construtora consegue reduzir despesas com materiais, eliminar etapas e gastos desnecessários com mão de obra (FERRARI, 2021, p. 1).

Além disso, o *Lean Construction* torna-se uma ferramenta que pode ser implementada em processos estruturais que possam ser otimizados e necessitam de uma implementação e/ou utilização eficiente de máquinas e equipamentos (PERDIGÃO; JÚNIOR, 2022).

Diante disso, Perdigão e Júnior (2022) destaca que a importância da implementação de conceitos enxutos na construção civil se deve à instabilidade das estratégias para otimizar a execução dos processos, o tempo de realização e entrega das atividades e a geração de desperdícios na produção. A realidade encontrada na maioria dos trabalhos está muito distantedo processo ideal onde controle e planejamento são os principais indicadores da qualidade finaldo produto.

## 2.2 Mercado de aço no Brasil

O mercado e fabricação do aço no Brasil é condizente devido à extração de minério em diferentes pontos do país. O desenvolvimento da fabricação do aço fortaleceu a partir de 1917 e o grande aumento na produção siderúrgica nacional foi a partir da década de 30 (IABr-2021).

Segundo o Instituto do aço do Brasil (2021) o aço é uma liga de ferro e carbono e é usado em grande escala na construção civil. As principais vantagens desta utilização neste setor é a flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, garantia de qualidade e maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva.

Sobre a utilização do aço na construção civil Neto et al. (2021, p. 7) reiteram que:

O aço é usado na construção civil desde o século XVIII e possibilita que os profissionais da área criem projetos diferenciados, eficientes e de qualidade superior. As estruturas metálicas participaram ativamente da evolução do ser humano, proporcionando soluções para a locomoção, como pontes e trilhos de trem, implementos tecnológicos, ferramentas de todas as espécies e diversas outras construções importantes (NETO et al., 2021, p. 7).

A construção civil estruturada em aço pode ser usada em vários lugares e com diferentes funções, por exemplo em pontes, aeroportos, complexos industriais ou edifícios. Das construções metálicas básicas às mais modernas com visuais arrojados e eficazes a diferentes protótipos arquitetônicos, o aço é cada vez mais usado (FERREIRA, 2021).

A construção em aço, além de ser extremamente versátil e durável, também é ótima como conceito de desenvolvimento sustentável ambiental. Ferreira (2021, p. 5) destaca que:

O aço apresenta a viabilidade de ser combinado às diferentes espécimes de elementos utilizados na construção, como por exemplo, o concreto. Isso ocorre porque o referido material proporciona inúmeros benefícios aos engenheiros e arquitetos na elaboração e efetivação dos seus planos. A colaboração na conservação ambiental; a viabilidade na redução dos gastos com a construção; a liberação da criatividade na concepção dos projetos e a utilização das superfícies são algumas das vantagens que o uso do aço oferece (FERREIRA, 2021).

Dessa forma, a construção civil é reconhecida como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, mas, por outro lado, apresenta um enorme impacto no meio ambiente ou na geração de resíduos pelo consumo de recursos naturais ou pela alteração da paisagem. O desafio para o setor é conciliar as atividades produtivas dessa escala com as condições que levem ao desenvolvimento consciente e sustentável, reduzindo assim as agressões ao meio ambiente (GASQUES, et al. 2014).

Assim, é necessário acompanhar de perto as operações e manter a organização estratégica do canteiro de obras para otimizar o deslocamento, o manuseio de materiais e aumentar a

eficiência operacional. Apostar em tecnologia também pode ser uma forma inteligente e inovadora de controlar recursos, minimizar desperdícios, aumentar índices de produtividade e qualidade e reduzir custos proporcionalmente (PINTO; MELO; NOTARO, 2016).

E é nesse contexto que a construção enxuta se tornou um dos principais métodos de gerenciamento de projetos na construção civil. Entre outros benefícios, sua adoção resultou em aumento de produtividade, redução de custo e prazo de entrega do produto ao cliente, aumentada satisfação e eficiência do mercado.

No Brasil, mais da metade de todos os insumos produzidos do aço é destinada para a construção civil. O Instituto Aço Brasil (IABr-2021) divulgou em junho de 2021 que a produção mensal de aço bruto foi de 3,1 milhões de toneladas, 45% superior ao mesmo mês de 2020. Como resultado, a produção no primeiro semestre do ano aumentou 24% em relação aos primeiros seis meses de 2020. Já em janeiro de 2022, o Brasil produziu 2,9 milhões de toneladas de aço bruto, um aumento de 10,5% em relação a dezembro de 2021. As vendas domésticas em 2022 aumentaram 1,6% em relação a dezembro de 2021, para 1,4 milhão de toneladas. O consumo aparente de aço em janeiro de 2022 foi de 1,7 milhão de toneladas, alta de 0,6% em relação a dezembro de 2021. Especialistas acreditam que a venda de aço continuará em alta com o aquecimento de setores como construção civil, sendo forte neste tipo de atividade (MONITOR MERCANTIL, 2022).

### 3. O SISTEMA LEAN MANUFACTURING

A produção *lean manufacturing*, também conhecida como o Sistema Toyota de Produção, representa o desafio de fazer mais com menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material e ao mesmo tempo, oferecer aos clientes o que eles desejam. (DENNIS, 2008).

A base da *Lean thinking* (Mentalidade Enxuta) é a redução, ou até mesmo a eliminação de desperdícios. Na definição de Taiichi Ohno (1997) “reduzir a linha do tempo até o ponto de receber o dinheiro, removendo desperdícios, que não agregam valor ao longo desta linha”.

Bartezzaghi, Corso e Vergani (1999) e Koskela (2000) afirmam que a Produção Enxuta demanda de mudanças radicais de paradigmas na gestão da produção. Esta filosofia produtiva iniciou no Japão na década de 50 e a partir daí a função produção começou a ser vista como uma área estratégica (VANALLE, 1995 apud MARUOKA, 2004).

O contexto pós Segunda Guerra Mundial (1939-1945) no Japão era de uma profunda crise política, social e econômica provocada pela derrota sofrida pelo país, além de ter que aceitar todos os termos impostos pelo Estados Unidos e o mercado interno ser muito limitado naquela época. Deste modo, no que se refere à indústria automobilística, era praticamente impossível para a Toyota adotar a produção em massa. Então para se tornar competitiva, a empresa adotou a estratégia de produzir pequenos lotes e de modelos diferentes, utilizando apenas a quantidade necessária de recursos e a ação constante de eliminar todos os tipos de desperdícios. Neste contexto a empresa criou o Sistema Toyota de Produção (STP), se tornando uma das maiores automobilísticas do mundo (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

O pensamento enxuto é um método de demonstrar especificamente valor, organizando as ações que o cria na melhor ordem, executando essas atividades sem interrupção quando solicitado e executando-as de forma cada vez mais eficiente. Resumindo, é uma forma de fazer mais com menos e, cada vez mais, poder dar aos clientes o que eles querem (WOMACK; JONES, 2004).

De acordo com Womack e Jones (2004), o desperdício sempre foi um fator indesejado na gestão de qualquer negócio, aplicar o pensamento enxuto visando sua eliminação, foi visto como um poderoso antídoto.

Capote (2012, p.109), define o pensamento enxuto como uma filosofia que descreve a abordagem sustentável para usar os recursos racionalmente e entregar mais valor, sendo a estratégia de negócio baseada na satisfação do cliente. Ainda segundo o autor, o foco da redução dos desperdícios está na procura da eliminação estruturada e mensurada deles.



### 3.1. Conceitos e ferramentas da Produção Enxuta

De acordo com Womack, Jones e Roos (1992) o STP (Sistema Toyota de Produção) é sustentado por dois conceitos básicos de produção: o *jidoka* e o *just-in-time* (JIT). No idioma japonês *jidoka* significa “automação com toque humano”, e o JIT significa “na hora certa”.

#### 3.1.1 Jidoka

Nesse conceito, as máquinas que funcionam automaticamente devem ser paradas sempre que algum erro é cometido ou um problema é identificado, para que peças defeituosas não avancem no processo de produção, evitando a geração de um produto acabado com defeitos.

Dennis (2008) descreve que o *jidoka* surgiu quando Ohno ao visitar a fábrica da Ford em Detroit, verificou os trabalhadores de chão de fábrica demonstravam possuir um conhecimento dos processos e do produto, maior que os especialistas, por conta da familiaridade com as condições da linha de produção. Assim Ohno, ao retornar ao Japão, implantou a metodologia de agrupar os trabalhadores da Toyota em equipes e os integrantes da equipe elegiam um líder que passava a ocupar o lugar do supervisor. Dennis (2008) ainda destaca que este líder continuava a atuar nos processos de montagem, mas também tinha a missão de coordenação da equipe, que por sua vez também tinha a tarefa da limpeza e organização do espaço de trabalho, pequenos reparos de ferramentas e controle de qualidade, deste modo era dado às equipes autonomia de pararem, caso necessário, a produção e corrigirem o erro identificado.

#### 3.1.2. Poka-Yoke

O *jidoka* ao conceber autonomia às equipes de paralisarem a produção para reparo de erros, deu início ao método *poka-yoke*, que de acordo com Dennis (2008), significa implementar dispositivos simples, de baixo custo e que detectem situações anormais, antes que estas ocorram. Assim *poka-yokes* reduzem a sobrecarga física e mental do colaborador ao eliminar a necessidade de verificar constantemente erros comuns que provocam defeitos. Exemplos dos *poka-yokes* mais eficazes, apresentados por Dennis (2008) são: Um sensor luminoso que interrompe uma operação de perfuração quando não é detectado a quantidade de furos necessários em uma peça em processo; A chave de acionamento de uma máquina só permite acionamento após sensores enviarem uma corrente elétrica “avisando” que a peça foi posicionada corretamente; Uma máquina de rosqueamento é bloqueada porque o sensor metálico não detecta uma arruela em cada ponto de furo.

Em resumo, *poka-yokes* normalmente detectam anormalidades em características de produtos, diferenças em relação a um valor ou etapas de processos que estão faltando (DENNIS, 2008).

### 3.1.3 Just in Time (JIT)

A Toyota introduziu o JIT nos anos 50 como uma reação a problemas concretos, como: Mercados que demandavam muita variedade de produtos, mas em baixo volume; Concorrência acirrada; Preços estagnados ou em queda; Avanço tecnológico acelerado; Alto custo de capital; Trabalhadores que exigiam maior nível de envolvimento (DENNIS, 2008).

No JIT (no tempo certo) cada processo produz somente o que é necessário no processo seguinte, o processo subsequente que dá sinal da necessidade para o processo anterior produzir. Para Dennis (2008) o JIT é definido como produzir o item necessário na hora necessária e na quantidade necessária. Qualquer outra coisa acarreta *muda* (desperdícios).

O sistema JIT visa administrar a manufatura de forma simples e eficiente, com uso dos recursos de capital otimizado, utilizando da melhor forma os equipamentos e a mão de obra. Assim tem como resultado um sistema de manufatura capaz de atender às exigências de qualidade e tempo de entrega do cliente, com o menor custo (ALVES, 1995).

### 3.1.3. Kanban

Um *kanban* é uma ferramenta visual e ágil, geralmente sinalizada por cartões, usada para designar e acompanhar o andamento da produção dentro de uma organização. Dennis (2008) define-o como: [...] *Kanban* é uns dos mecanismos utilizado para uma autorização de produzir ou parar, nos quais é possível conter as principais informações, tais como fornecedor da peça ou produto, cliente do processo, indicação de armazenamento e transporte.”

Em suma o *kanban* é utilizado para controlar o fluxo de produção e de disponibilidade de materiais e estoque, operacionalizando o *just in time*. Tubino (2000) esclarece que os cartões de requisição ou movimentação autorizam a retirada de itens do estoque e nesse cartão contém informações sobre posição de origem e destino. O cartão de produção autoriza a fabricação de um item em determinada quantidade, com o código, descrição, local de produção e setor de armazenamento.

A Gestão a vista é outra grande vantagem do *Kanban*, como cita Dennis (2008), se o quadro (local onde os Cartões Kanbans são acondicionados) tem acúmulo dos cartões significa atrasos na produção, já se o quadro tiver poucos cartões, abaixo do nível mínimo, quer dizer que é necessário parar a produção daquela peça.

### 3.1.4. Mapeamento de fluxo de valor

A gestão do fluxo de valor envolve o processo de mensurar, entender e melhorar o fluxo e interação de todos os membros do processo. Assim, manter o custo, serviço e qualidade dos produtos e serviços da organização o mais competitivo possível. O mapeamento do fluxo de valor é utilizado como ferramenta para identificar oportunidades, agregar valor, eliminar os desperdícios e otimizar o fluxo (KEYTE; LOCHER, 2004).

De acordo com Forno et al., (2014), o mapeamento do fluxo de valor torna-se eficaz para qualquer processo, uma vez que, permite a identificação e eliminação dos desperdícios. O fluxo de valor é definido como todas as atividades, as quais, agregam valor ou não e são necessárias para levar um grupo de produtos que utilizam dos mesmos recursos para os consumidores finais.

Rother e Shook (1999) afirmam que o mapeamento de fluxo de valor (MFV) é um processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, assim o principal objetivo do MFV é fornecer uma visualização clara dos processos de manufatura e identificar possíveis desvios.

Assim é possível concluir que o MFV é uma ferramenta fundamental para que a produção enxuta possa ser implementada, já que essa ferramenta possibilita a identificação de desperdícios e gargalos que limitam o sistema ou processo.

### 3.1.5. Kaizen

O Kaizen é uma filosofia baseada na melhoria contínua, por meio da eliminação de desperdícios com base no bom senso e uso de soluções de custos baixos que por sua vez, apoiam a criatividade e motivação das pessoas envolvidas no processo, para aprimorar a prática do trabalho. (SHARMA, MOODY, 2003; SCOTELANO, 2007). O termo Kaizen é formado a partir de “KAI”, que significa “modificar”, e “ZEN”, cujo significado é “para melhor” (MARTINS; LAUGENI, 2006)

Wormack e Jones (2004) consideram que o Kaizen é a melhoria incremental contínua, por meio de atividades normalmente realizadas por grupos de funcionários da organização, que atuam com a mentalidade de eliminação dos problemas identificados no processo e dos desperdícios, empregando a técnica do MFV (mapeamento do fluxo de valor).

### 3.1.6. Cinco Sentos- 5S

A sigla 5S representa as primeiras letras das palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. No Brasil foi traduzido como os cinco sentos: senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de padronização e senso de autodisciplina (GAZEL; SALLES;

FEITOSA, 2014).

Falkowski e Kitowski (2013) define a metodologia 5S como uma técnica para melhoria contínua do gerenciamento de processos, que tem como objetivo contribuir para um alto nível de eficiência, limpeza, organização, um ambiente ergonômico e em boas condições para a realização do trabalho. Essa metodologia é um conjunto de cinco conceitos simples, que ao colocados em prática, podem causar alterações nas percepções humanas, melhora do humor e modificar o ambiente de trabalho, impactando positivamente na rotina das empresas.

### 3.2.7. Manutenção Produtiva Total

O 5S nos direciona naturalmente à manutenção produtiva total, do termo em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), que é primordial ao funcionamento eficaz das máquinas, segundo Dennis (2008) à medida que se progride na jornada da produção *lean*, é inevitável ter que treinar a equipe para cuidar dos equipamentos.

“A TPM representa uma mudança profunda da mentalidade "eu opero, você conserta" para uma que diz "somos responsáveis por nosso equipamento, nossa fábrica e nosso futuro". Assim como no caso da segurança, na qual a meta é zero de acidentes, a meta da TPM é zero interrupções.” (DENNIS, 2008).

Slack (2009) cita cinco objetivos principais que devem ser almeçados em uma indústria que aplica o sistema TPM. No Quadro 1, apresenta-se esses objetivos e as ações destinadas a cada objetivo.

Quadro 1 - Objetivos para Aplicação do TPM

Objetivos	Ações
Aperfeiçoar a eficácia dos equipamentos	Diagnosticar todas as perdas decorrentes das falhas das instalações e relatar seus impactos na eficiência da produção
Execução da manutenção autônoma	As áreas de produção e manutenção passam a se responsabilizar pelo desempenho do processo como um

	todo, assim as equipes têm parte nas melhorias da produção e performance da manutenção
Planejamento da manutenção	Todas as ações relativas a manutenção devem ser planejadas e elaboradas previamente, desde as atividades da manutenção, padrões de manutenção preditiva, até a preventiva de cada equipamento
Treinamento e educação	Treinamentos devem ser recorrentes para que a operação e a manutenção possam lidar de forma adequada com as atividades de rotina
Gestão dos equipamentos e máquinas desde o início da aplicação	Envolvimento de todos os níveis organizacionais no projeto da aplicabilidade do equipamento, com em conseguir prever as prováveis causas de falhas e como deve ser descritas as atividades de manutenção

Fonte: Slack (2009)

Ao adotar o TPM, as empresas devem focar na eliminação das causas relativas às perdas produtivas para alcançar a eficiência maximizada dos equipamentos. Assim fica evidente a importância do envolvimento de todos os colaboradores, que devem trabalhar proativamente para a conservação dos equipamentos, com base nas metas definidas nos projetos.

### 3.3. Construção enxuta (*Lean Construction*): alguns princípios

Conceito introduzido por Lauri Koskela em 1992, o *Lean Construction* (construção enxuta) tem como objetivo difundir os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) em meio aos processos da construção civil.

Koskela (1992) defende os seguintes atributos principais da construção enxuta: reduzir as atividades que não agregam valor, agregar mais valor através dos requisitos do cliente, diminuir a variabilidade, minimizar o número de etapas, peças e ligações, reduzindo assim o tempo de ciclo.

De acordo Werkema (2011), as ferramentas usadas para colocar o Lean Manufacturing em prática são: Mapeamento de Fluxo de Valor; Diminuição de trabalho em processo; Kaizen; Kanban; Cinco Sentidos; Redução de setup; Manutenção Produtiva Total (TPM); Poka-Yoke.

Ainda segundo Koskela (1992), no *Lean Construction* o ambiente produtivo é constituído por atividades de conversão de fluxo (materiais, mão de obra e informações), assim o gerenciamento das atividades de fluxo é uma fase fundamental para da eficiência da produtividade da obra. Na Figura 1 é apresentado o modelo tradicional de processo.

**Figura 1** – Modelo tradicional de processo.



Fonte: Koskela (1992) apud Bernardes (2003, p. 7)

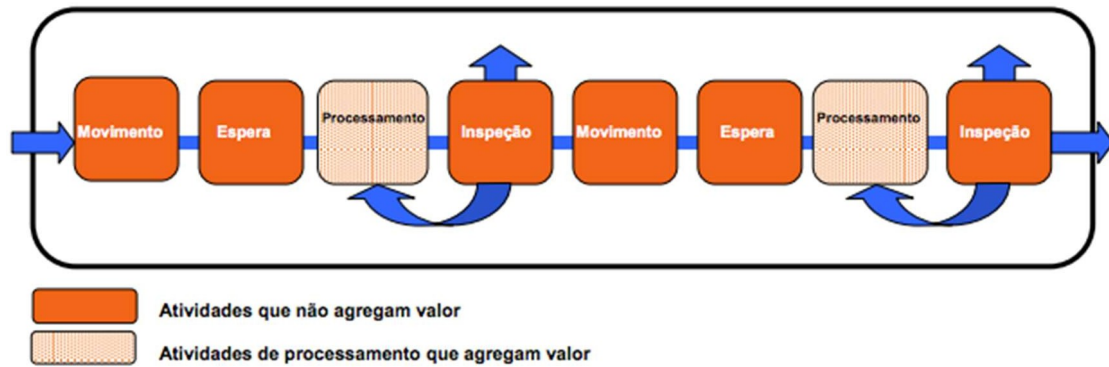
Na forma tradicional produtiva os procedimentos são as atividades de conversão, neste modelo o processo de modificação pode ser decomposto em sub processos, segundo a Figura 1 (KOSKELA, 1992 apud BERNARDES, 2003).

A implementação do *Lean Construction* é dividida em três partes: técnicas *Lean* no nível operacional, estratégia de entrega de projetos de forma integrada à nível comercial e mudança organizacional. A mudança organizacional está ligada às decisões estratégicas, como o conceito de liderança e a utilização de sistemas externos e modulares (MARHANI, JAAPAR e BARI, 2013). Os Autores Marhani, Jaapar e Bari (2013) classificam os desafios do *Lean Construction* (LC) em: gerenciais, técnico, atitude humana, o processo do LC, educacionais, governamentais e financeiros.

O fluxo de transformação de matéria prima em produtos é dividido, segundo Koskela (1992), em quatro elementos distintos: Processamento: o material passa por uma mudança física ou de qualidade; Inspeção: verifica-se os padrões pré-estabelecidos; Movimento: deslocamento de materiais ou produtos; Espera: período em que não ocorre nenhuma atividade.

Ao realizar melhorias nestes elementos, é obtida uma melhoria geral dos processos, pode-se verificar a organização destes elementos na Figura 2 a seguir.

**Figura 2** – Produção como um processo de fluxo: ilustração simplista



Fonte: Koskela (1992)

Um grande erro do modelo tradicional baseado na transformação é a falta do indicador tempo no estudo do processo de produção, quando se utiliza o LC, que leva em consideração todos os processos e operações da produção, o fator tempo é inserido. Outro fator importante para diferenciar ambos os modelos é a geração de estoques, que podem ser resultado de um fluxo mal balanceado, esses estoques são *buffers* que funcionam como reservas para mitigar possíveis problemas que ocorram durante o processo (SHINGO, 1996).

Neste mesmo contexto, Shingo (1996) inclui outro elemento indesejado gerado na produção, a perda. As atividades que não são incrementais ao produto são classificadas como perdas, assim como a espera, o acúmulo de peças, movimentos desnecessários, entre outros.

### 3.4. Plataforma BIM

*Building Information Modeling* (BIM) em português, é uma Plataforma Digital composta por recursos promissores visando a agilidade, documentação e comunicação das atividades de engenharia e construção. Este recurso integra diferentes disciplinas de projeto no modelo virtual, identificando incompatibilidades e informações potenciais sobre o próprio projeto (MENEGARO; PICCININI, 2017).

A importância de *Building Information Modeling* (conceito BIM) inclui a redução custos do projeto, aumentar a produtividade e qualidade, reduzir os prazos de entrega, reduzir o retrabalho e evitar o desperdício. Começa com a fase de simulação virtual, concluída esta fase, as informações geradas servirão de suporte para projeto, aquisição, programação de construção, fabricação. Sendo possível ainda usar essas informações para demonstrar e extrair detalhes de contratos e vincular especificações de compilação. Diante disso, o BIM não é apenas um programa de computador, mas uma plataforma que integra os mais diversos membros do projeto (arquitetos, engenheiros, proprietários, empreiteiros, fornecedores etc.), sobre processos e processo de trabalho (DEGASPERI, et al. [s.d]).

À medida que os *softwares* evoluem, a plataforma BIM amplia a possibilidade de unificar as informações multidisciplinares, permitindo que vários profissionais participem ao mesmo tempo, na mesma etapa do projeto. Esta facilidade auxilia na confiabilidade e eficiência dos resultados efetivos no processo de sincronização das informações. Na construção civil, a utilização de plataformas BIM vem se tornando cada vez mais relevante, e com isso também as facilidades na gestão da informação, que fornece dados trazidos desde a concepção, fase de execução e até manutenção da obra (PAIS et al. 2021).

Sobre a plataforma, Menegaro e Piccinini (2017, p. 2) reiteram que “A metodologia BIM permite a integração entre os projetos na sua elaboração utilizando-se do ambiente tridimensional, para corrigir incompatibilidades desde a sua concepção. A metodologia permite também uma melhor visibilidade dos projetos, tornando mais facilitado o entendimento destes”. Na Figura 3 é retratada a dinâmica da plataforma BIM. Na Plataforma, todas as informações da construção são disponibilizadas para todos as disciplinas ao mesmo tempo. Ou seja, com o BIM, todos os envolvidos em um determinado projeto (arquitetos e engenheiros, projetistas, orçamentista, construtoras, gestor e outros) conseguem visualizar o projeto conjuntamente, como demonstrado na Figura 3:

**Figura 3 - Dinâmica da plataforma BIM**



Fonte: totalconstrucao.com.br- acesso (dezembro 2022)

Assim, a Plataforma BIM integra projetos e projetistas, contribuindo para a redução dos custos incorridos na engenharia. Os diferentes recursos integrados na plataforma são aplicados a cada etapa do empreendimento, sendo mais eficaz promover o desenvolvimento de sua etapa de forma diferenciada (MENEGARO; PICCININI, 2017).

Assim, para Oliveira (2016, p.8):



A utilização do BIM permite conciliar informações, para além do propósito de representar em 3D, como no estabelecimento de informações mediante banco de dados, representação gráfica, cronograma de tempo para a realização da mão de obra e da quantificação de insumos, como modo automático para minimizar as falhas, analisando as alternativas, estudando o comportamento gerado pelo exemplar (OLIVEIRA, 2016, p.8).

Diante disso, é uma forma de adicionar e gerenciar informações em um projeto, desde o início até a conclusão, do gerenciamento à conclusão. Por trás do BIM está um modelo com diferentes dimensões que contém informações de cada proposta de projeto. A informação é muito detalhada sobre todas as maneiras possíveis de especificar elementos individuais (PAIS et al., 2021).

As definições de cada uma dessas dimensões são apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2 - Dimensões do BIM

<b>Dimensão</b>	<b>Ação</b>	<b>Possibilidades</b>
3D	Modelagem tridimensional com informações técnicas, dimensões, local no espaço	Checar inconsistências com ferramentas de detecção de conflitos e fazer a extração da lista de materiais.
4D	Planejamento do empreendimento.	Inclusão do parâmetro tempo para acompanhar a evolução da obra de forma virtual.
5D	Orçamento	Relação dos elementos com os parâmetros de custo, onde é possível sincronizá-los a um banco de dados dos custos de construção
6D	Conforto	Inserção de possibilidades de simulações térmica, energética e iluminação da edificação.
7D	Operação pós obra.	Inserção de parâmetros de manutenção, garantia e operação do empreendimento.
8D	Segurança do trabalho.	Prever riscos envolvidos na execução da obra.

Fonte: Garibaldi (2020)

Garibaldi (2020) retrata que as dimensões BIM não são iguais aos níveis de maturidade. Eles se referem às formas de vincular tipos específicos de dados a um modelo de

informação. Assim, ao criar uma dimensão extra para seus dados, é possível começar a entender melhor os projetos de construção, quais são as principais etapas da obra, como serão entregues, qual é o seu orçamento e como devem ser mantidas. Essas dimensões aumentamos dados associados ao modelo para compartilhar uma compreensão de nível superior do projeto de construção. Nos tempos modernos, a tecnologia BIM evoluiu de dimensões 3D e 4D básicas para dimensões 5D, 6D e 7D mais complexas, prometendo mudar o futuro da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção.

Sob esse viés, Quinderé (2022) acrescenta que o BIM aliado ao *Lean Construction* pode ser a união que pode impulsionar a produtividade das obras. Entre os mais diversos pontos, pode-se destacar a eliminação do desperdício, que é um dos principais objetivos do *Lean*, pois quem pensa de forma enxuta elimina o que não agrega valor ao cliente e pode ser eliminado. E o BIM abre possibilidade de tratar um dos maiores desperdícios no setor, o desperdício causado por retrabalhos decorrentes de falhas de projetos, antes mesmo do início das obras. Além disso, a gestão transparente e visual é um conceito importante do *Lean*, pois ajuda todos os envolvidos no processo a avaliar o status do trabalho de forma simples e clara.

Sobre essa aliança, Justi (2020) reafirma que a utilização de conceitos de construção enxuta relacionados ao BIM no Brasil representa um momento histórico na indústria da construção, onde novas tecnologias são aliadas a uma nova visão do modelo de produção do setor. Essa tendência pode representar um marco na transformação da indústria da construção no país, pois os princípios *Lean* aliados ao BIM podem facilitar melhorias de qualidade na indústria, reduzir custos operacionais, reduzir operações desnecessárias e aumentar a produtividade e os processos de execução.

No processo de regulamentações para regular a introdução do BIM no Brasil vem sendo desenvolvida e divulgada por meio por meio de palestras e eventos. Segundo a ABDI (2017) as análises feitas das possibilidades de implantação em todos os campos da construção civil destacam a importância crítica de aumentar a qualificação da academia para que profissionais utilizem a ferramenta, conforme mostra a Figura 4.

**Figura 4** – Resumo do plano de implantação do BIM



Fonte: (ABDI, 2017).

A abordagem adotada pelo setor público baseia-se em intervenções que apoiam o conceito BIM, proporcionando um cenário adequado para investimento e divulgação no país. O ápice foi a adoção de conceitos BIM nos processos licitatórios de obras públicas e a exigência de gerenciamento de edificações e infraestrutura que careciam de adequação de processos internos e estruturais. (ABDI, 2017).

### 3.5. Pré-fabricados

Os sistemas pré-fabricados surgiram na Europa com o propósito de antecipação de fabricação de componentes padronizados em indústrias, de forma que podem ser relacionados a produtos de outros fabricantes, onde a modulação e a padronização de componentes pode fornecer a base para compatibilidade entre elementos e subsistemas (FERREIRA, 2003).

Vieira et al., (2018) destacam que a utilização de elementos pré-fabricados na construção civil tem resultado em checklists de controle de qualidade durante sua fabricação e montagem. Neste sentido é importante ressaltar que:

A competitividade do mercado de hoje demanda soluções que, em conjunto com o processo de construção de alvenaria estrutural, aumentam significativamente a eficiência do processo, diminuindo assim, ou mesmo eliminando etapas construtivas e aumentando a qualidade da obra. A opção por soluções focadas à industrialização, em especial à pré-fabricação, pode ser um caminho para o aumento da eficiência do processo (VIEIRA et al., 2018, p. 1).

Assim, torna-se interessante observar os tipos de estruturas pré-fabricadas, suas

vantagens e desvantagens, verificar os materiais e métodos utilizados para fabricar e utilizar as peças, e fazer um checklist para demonstrar que todas as etapas sejam cumpridas e que a programação seja acompanhada (FERREIRA, 2003).

O conceito de pré-fabricação na construção civil corresponde a componentes, partes ou edifícios inteiros que são produzidos em uma fábrica e transportados para o canteiro de obras para rápida instalação. Isso representa uma série de vantagens em relação aos métodos construtivos convencionais, como rapidez, precisão de execução, eficiência, limpeza da obra e, em muitos casos, economia (FERREIRA, 2003).

Sobre os pré-fabricados desde 1999, El Debs (1999, p. 4) discorre que:

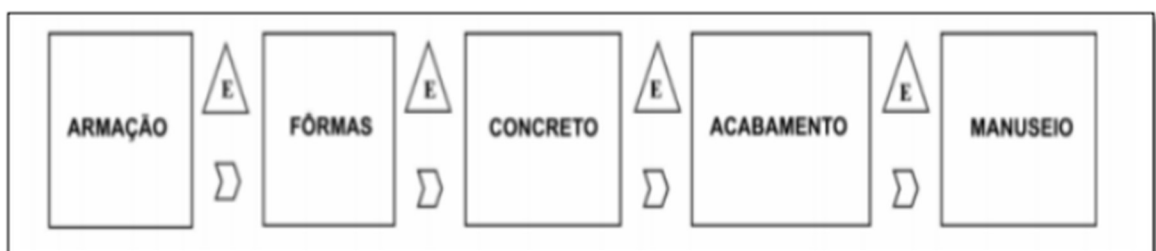
O uso do pré-fabricado nas construções possui diversas vantagens, devendo também ser consideradas todas as interveniências para melhor utilização das possibilidades desse sistema. As vantagens da pré-fabricação estão relacionadas à execução de parte da estrutura fora do local de uso definitivo, sendo elas a redução ou eliminação do cimbramento e as facilidades da execução da forma, da armação e concretagem no nível do solo. A essas vantagens soma-se (EL DEBS, 1999, p. 4).

Neste sentido, Bloxs (2021) destaca que a construção modular (ou pré-fabricada) não é um conceito novo, mas está pautada em avanços tecnológicos, demandas econômicas e mentalidades em mudança. O mesmo autor alerta que a construção modular está atraindo ondas de interesse e investimento, o que ajuda a resolver a crise imobiliária em muitos mercados e remodelar significativamente a forma como as construções ocorrem hoje.

Um detalhe importante das estruturas de concreto pré-fabricado é a alternativa de ser dividida em elementos, que necessitará de realização das ligações, fazendo com que assim se obtenha a configuração final da estrutura (EBELING, 2006). “Por estas razões, quando se fala em pré-fabricação, pensa-se nas ligações entre os elementos pré-fabricados e na influência que estas têm no comportamento da estrutura” (ALBARRAN, 2008, pg. 3).

Segundo Melo (2007), as fases da fabricação do elemento pré-fabricado se dividem conforme a Figura 5:

**Figura 5-** Etapas de produção de elementos pré-fabricados



Fonte: BELOHUBY; ALENCAR (2007)

A tecnologia de construção pré-fabricada, especificamente, descreve que o mercado atual exige uma abordagem diferenciada, a fim de se ter edifícios mais econômicos no curto prazo.

Sobre as desvantagens dos pré-fabricados, Porto 2010 (p. 7) salienta que:

Assim como em todos os sistemas construtivos, existem também algumas desvantagens, no qual uma delas é o custo de fabricação, isso porque as peças pré-fabricadas têm controle de qualidade maior, aumentando o preço final dela. Nessa premissa, outra desvantagem é que nos dias de hoje, existem poucas empresas que são especialistas em pré-fabricados, sendo que a maioria dessas está localizada em grandes cidades (Porto, 2010, p. 7).

Muito tem sido apontado que a pré-fabricação de prédios ou a construção fora do canteiro como uma alternativa para industrializar o processo construtivo e atingir melhores níveis de desempenho. Por sua vez, a utilização de sistemas de painéis pré-fabricados foi considerada uma opção mais flexível e simples nas várias tipologias de construção à porta existentes. Devido ao seu alto desempenho de sustentabilidade e simplicidade de execução, esses sistemas também são considerados ideais para a construção de habitações sociais. Além disso, devido à escassez de moradias em países menos desenvolvidos, novos métodos de construção são necessários para tornar a construção de moradias em massa mais rápida e barata (BEZERRA; SANTOS; SCHEER, 2018).

Em suma, o aumento da utilização de sistemas construtivos industrializados, inclusive em estruturas metálicas, auxilia na eliminação de perdas e redução de cronogramas de obras. Nesse sentido, é aconselhável estabelecer um conjunto de diretrizes para planejar e controlar o processo de montagem de estruturas metálicas pré-fabricadas, utilizando conceitos e ferramentas relacionadas à produção enxuta (*learn construction*).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia de pesquisa utilizada para elucidar a natureza da metodologia utilizada neste trabalho, o estudo de caso. A presente pesquisa é de caráter exploratório, sendo um tipo de pesquisa que, geralmente, envolve investigação e análise bibliográfica. Bem como, na forma de um estudo de caso. Os métodos de trabalho e as formas de análise de dados podem ser divididos em quantitativo e qualitativo. Segundo Gil (2002), o estudo de caso consiste em um estudo aprofundado e detalhado de um objetivo, buscando uma compreensão ampla e detalhada do objetivo para obter uma visão geral do problema.

Sobre este tipo de metodologia, Gil (2002, p. 54) também lista os diferentes propósitos do método de pesquisa utilizado, conforme descrito abaixo:

- a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- c) descrever a situação do contexto em que está sendo realizada determinada investigação;
- d) formular hipóteses ou desenvolver teorias; e
- e) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2002, p. 54).

Dessa forma, o estudo de caso permite a organização dos dados, das características sociais dos sujeitos em estudo que são, portanto, preservadas, de forma geral, bem como sua natureza e características. Assim, trata-se de um método adequado para identificar e analisar vários eventos do mesmo fenômeno, em vários casos.

O desenvolvimento do presente estudo teve como etapa preliminar a complementação e melhora da base teórica a partir de uma revisão bibliográfica de conceitos básicos, principalmente, sobre ferramentas a aplicação do *Lean* nos processos industriais de itens pré-fabricados em uma indústria de médio porte.

A coleta de dados como tempo de movimentação de material, tempo de processamento e quantidade de locações para armazenamento de matéria prima, pelo período de sete meses. para posterior levantamento do estudo de caso, no qual os dados foram tratados pelo cálculo das médias dos períodos de tempo de movimentação e processamento, que ocorre ao observar diretamente o processo produtivo e analisar o plano de produção. Após essa análise buscou-se determinar a sequência de produção e todos os recursos envolvidos e o tempo de ciclo.

Uma vez construído, foram desenvolvidas recomendações de melhorias, permitindo que a empresa aplicando ferramentas de melhoria contínua para aprimorar o Índice de produtividade e gestão da produção.

## **5. ANÁLISE DO USO DO *LEAN CONSTRUCTION* EM UMA SITUAÇÃO PRÁTICA**

Neste capítulo serão apresentadas as análises e discussões acerca do uso do *Lean* em uma empresa.

### **5.1 Caracterização da empresa**

O estudo foi realizado em uma empresa de médio porte, com cerca de quatrocentos colaboradores diretos, do ramo da construção civil habitacional. O produto final da corporação são edifícios residenciais com padrão popular, de dez a doze pavimentos, que são construídos a partir de peças pré-moldadas, as quais são fabricadas na cidade de Pedro Leopoldo, Minas Gerais, na região central do estado.

Atualmente a empresa tem cerca de quinze empreendimentos entregues, cinco em fase de acabamento e quatro em montagem. O método de construção off-site (construção com parte da fabricação fora do canteiro de obra) em empreendimentos habitacionais, foi um dos pioneiros do país e sai na frente das construções tradicionais quando o foco é na redução de custos de alocação e descomissionamento do canteiro de obra, redução de resíduos gerados e encurtamento do prazo de construção, mas esse método acaba por esbarrar no fator do custo de transporte das peças pré-fabricadas e a capacidade reduzida de adaptabilidade do produto à novas tendências arquitetônicas.

### **5.2 Objeto em estudo**

Este estudo visa analisar o consumo de aço de uma família de produtos pré-fabricados de concreto de uma empresa do ramo de construção civil habitacional, mapear os processos de montagem das peças e mostrar possíveis melhorias e redução do desperdício de aço através da implantação de ferramentas *Lean* e BIM.

A família de produtos escolhida é chamada de “pré-lajes”, são peças que compõe o capeamento das lajes do edifício, fornecendo reforço estrutural à laje, elas são apoiadas nas vigas, suas esperas são soldadas à armação aparente das vigas e ao final são cobertas por uma camada de concreto, finalizando assim o capeamento do pavimento. A Figura 6 traz a imagem de uma das peças que compõe a família de produtos chamados pré-lajes.

**Figura 6 – Modelo de pré-laje**



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

As peças em estudo são compostas majoritariamente por uma malha de aço, que por sua vez é composta por barras de aço de diversas seções (diâmetro da barra, popularmente conhecido como bitola) e tamanhos soldadas entre si. É essa estrutura de aço que ajuda a distribuir as forças exercidas nas peças. A Figura 7 traz a imagem de uma armação de pré-laje.

**Figura 7 – Armação de pré-laje**



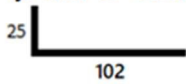
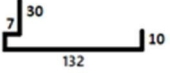
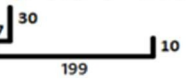
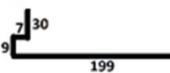


Fonte: documentação da pesquisa (2022)

### 5.3 Estudo da produção das pré-lajes

A produção dessa família de peças começa com o corte e dobra das barras de aço, realizados no galpão de corte e dobra. As quantidades de barras a serem contadas e dobradas são informadas através do boletim de corte e dobra, o qual é baseado nos projetos de armação e na quantidade e modelos de peças a serem produzidas de acordo com o planejamento. O processo de corte e dobra é realizado com um dia de antecedência devido ao grande número de aço a ser trabalhado nas outras linhas da fábrica e à morosidade do transporte dessas barras para a área de montagem da armação. A Tabela 1 a seguir traz um exemplo de corte e dobra.

**Tabela 1.** Exemplo de corte e dobra

POSIÇÃO	94					
<b>Ø 8.0 C= 127</b> 	QUANT.	Ø	TIPO	COMP.	TOT. (cm)	PESO TOTAL (KG)
	16	8.0	CA60	127	2032	8,026
POSIÇÃO	95					
<b>Ø 8.0 C= 186</b> 	QUANT.	Ø	TIPO	COMP.	TOT. (cm)	PESO TOTAL (KG)
	22	8.0	CA60	186	4092	16,163
POSIÇÃO	96					
<b>Ø 8.0 C= 253</b> 	QUANT.	Ø	TIPO	COMP.	TOT. (cm)	PESO TOTAL (KG)
	12	8.0	CA60	253	3036	11,992
POSIÇÃO	97					
<b>Ø 8.0 C= 245</b> 	QUANT.	Ø	TIPO	COMP.	TOT. (cm)	PESO TOTAL (KG)
	34	8.0	CA60	245	8330	32,904

Fonte documentação da pesquisa (2022)

A Tabela 2 a seguir traz um exemplo de programação de produção.

**Tabela 2.** Exemplo de programação de produção

SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
21-nov	22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	29-nov	30-nov	1-dez	2-dez
PL1222A	PL1222	PL1222A	PL1222	PL1222	PL1222		PL1222	PL1222	PL1222	PL1222	PL1222
PL1222A	PL1222	PL1222A	PL1222A		PL1222A		PL1222A	PL1222A	PL1222A	PL1222A	PL1222A
PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G		PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G
PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G		PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G	PL1209G
PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A		PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A
PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A		PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A	PL1210A
PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246		PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246
PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246		PL1246	PL1246	PL1246	PL1246	PL1246
	PL1230A	PL1230A	PL1230A	PL1230A	PL1230A		PL1230A		PL1230A		
	PL1231	PL1231	PL1231	PL1231	PL1231		PL1231	PL1231	PL1231	PL1231	PL1231
PL1232B	PL1232B	PL1232B	PL1232B	PL1232B	PL1232B				PL1232B		
								PL1234B			PL1234B
	PL1231							PL1235A	PL1235A	PL1235A	PL1236A
PL1237A							PL1237A				
PL1239											
25	25	25	25	25	25	0	25	25	25	25	25

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

O aço começa a ser trabalhado através da retirada do rolo de aço do local de armazenamento e posicionamento em estruturas próprias que facilitam o desenrolar das bobinas (Figura 8) e as barras são engatilhadas em umas das quatro máquinas que realizam os cortes e as dobras das barras e estribos (barras dobradas). A Figura 8 traz a imagem do estoque de rolos de aço. E a Figura 9 traz a imagem do suporte para rolos

**Figura 8** – Estoque de rolos de aço



**Figura 9** – Suporte para rolos



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

A seguir, nas Figuras 10, 11, 12 e 13 são trazidas as imagens das máquinas 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

**Figura 10** – Máquina 1



**Figura 11** – Máquina 2



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

**Figura 12 – Máquina 3****Figura 13 – Máquina 4**

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

A Tabela 3 traz as especificações das máquinas de corte e dobra.

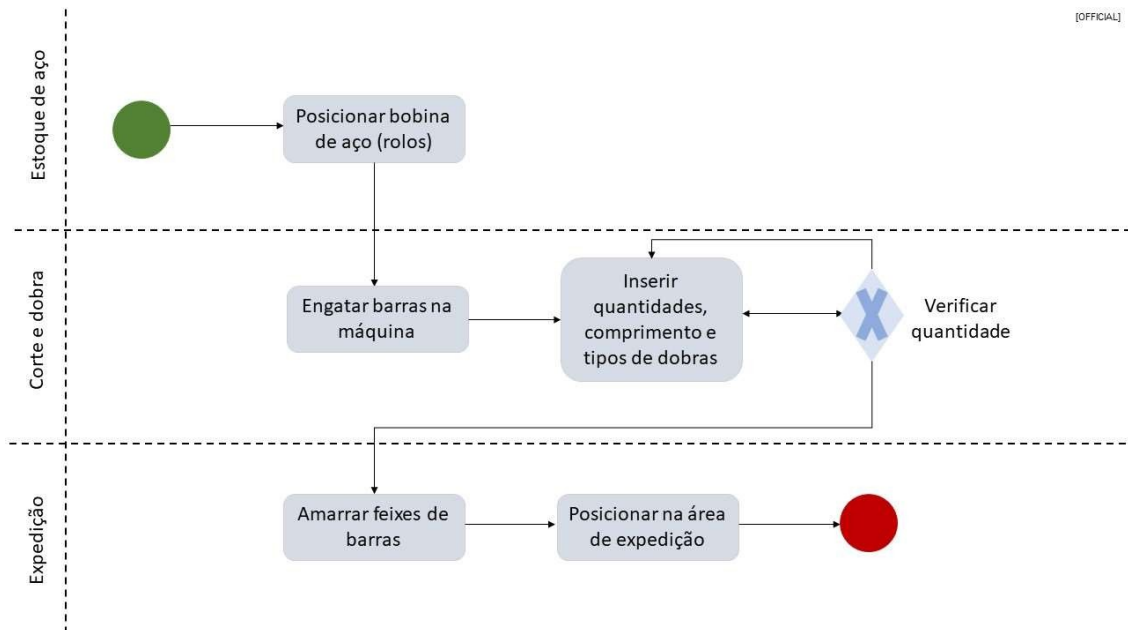
**Tabela 3.** Especificações das máquinas de corte e dobra

Equipamento	Função	Seção Transversal $\varnothing$ (mm)
Máquina 1	Corte	16 e 20
Máquina 2	Corte e dobra	8, 10 e 12.5
Máquina 3	Corte e dobra	5 e 6
Máquina 4	Corte, dobra e solda	4.2

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

Cada máquina tem sua margem de tamanhos de bitolas que conseguem trabalhar, conforme a tabela e as medidas, quantidades de barras e tipos de dobras são introduzidas antes da máquina começar a trabalhar. As quatro máquinas trabalham concomitantemente, após o corte e dobra de todo o aço destinado ao setor em estudo, eles são separados por posições (barras com mesma bitola, tamanho e configuração de dobra), amarrado em feixes e fica à espera da empilhadeira para levá-lo até ao setor de armação de pré-lajes. A Figura 14 a seguir traz um fluxograma de corte e dobra.

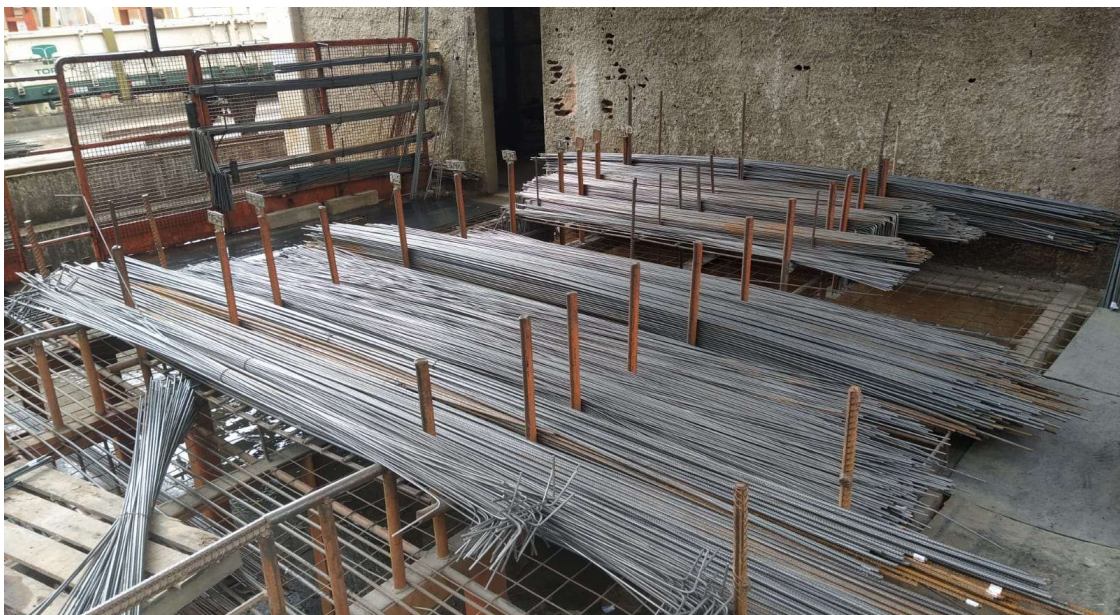
**Figura 14 – Fluxograma de corte e dobra**



Fonte: Fonte: documentação da pesquisa (2022)

No setor de pré-lajes tem um estoque de barras cortadas e estribos no qual é deixado os aços que foram transportados pela empilhadeira. A partir do momento de sua chegada ao estoque, esses aços são guardados em seus devidos lugares pelos armadores, mas apesar de muitos lugares para separação e estocagem do aço cortado no setor, ainda falta separações para algumas posições de corte. A Figura 15 traz a imagem do estoque de barras no setor de pré-lajes.

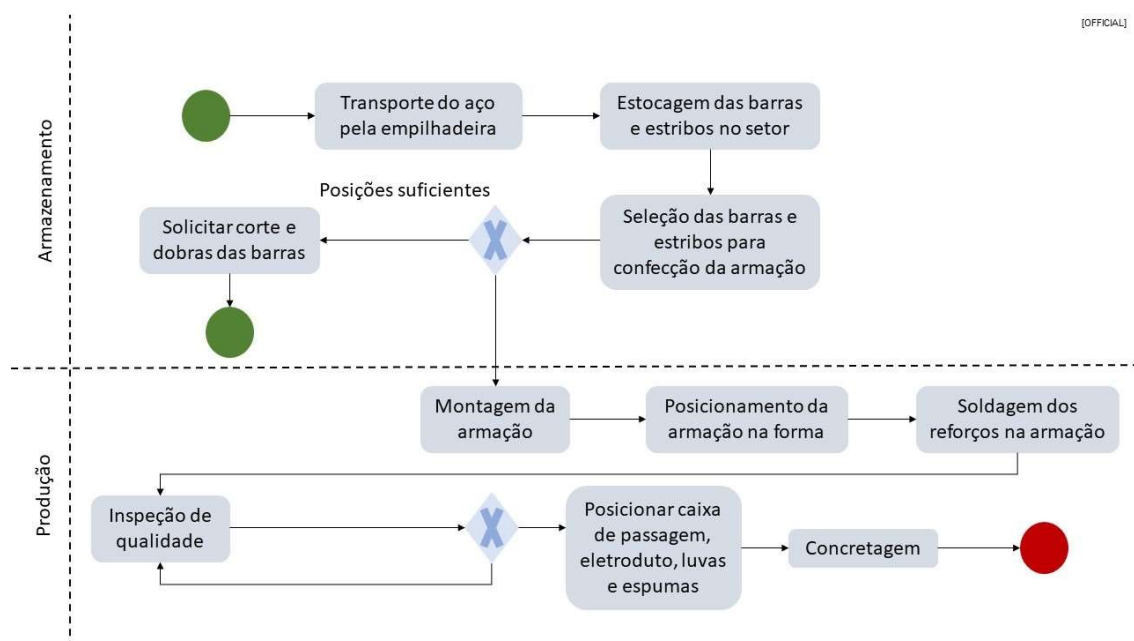
**Figura 15** - Estoque de barras pré-lajes



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

Ao iniciar a confecção das armações, os armadores buscam no estoque as barras e estribos com os tamanhos descritos no projeto de armação e as posicionam nas marcações em que devem ser soldadas umas nas outras pós o término da primeira fase de confecção da armação, ela é posicionada na forma específica da peça, onde serão cortadas as barras que se sobrepõe aos furos e serão soldadas as barras de reforços. O processo pode ser visualizado no Fluxograma da Figura 16.

**Figura 16 - Fluxograma produção pré-laje**



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

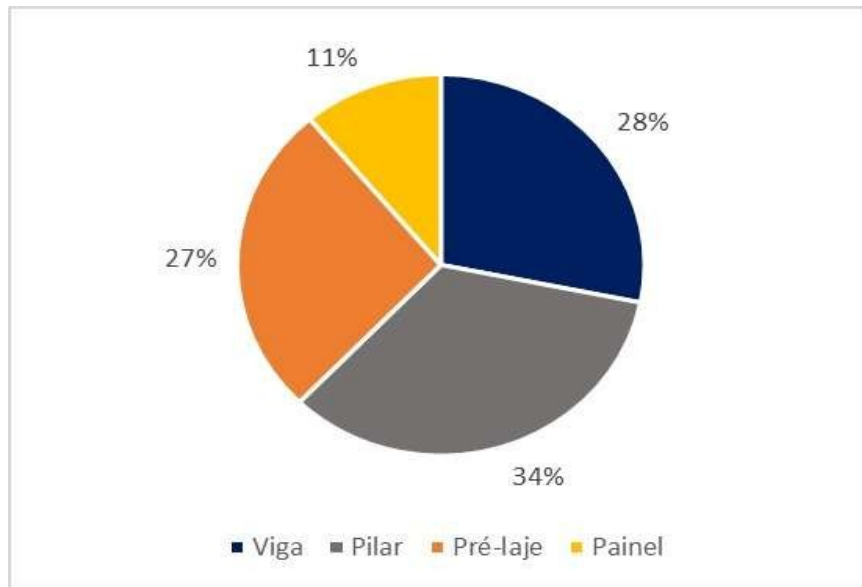
#### 5.4 Análise do consumo de aço

Um estudo sobre o consumo e o desperdício real do aço durante a produção dos pré-fabricados em análise se torna bastante conveniente quando se avalia os constantes ajustes de estoque no sistema ERP utilizado na empresa em estudo. O fato citado anteriormente também corrobora para a dificuldade do controle do estoque físico dos aços e o momento correto para compra do aço, diminuindo a previsibilidade de compra e aumentando os preços de compra.

A armação das pré-laje compõe em média 65% (sessenta e cinco por cento) do custo final dessas peças, e o consumo médio de aço do setor de pré-lajes corresponde à 26% (vinte e

seis por cento) do total consumido na fábrica, por isso as perdas desse material durante o processo contribuem para um prejuízo considerável financeiro, mesmo quando contamos que as sobras do aço são vendidas como sucatas. A Figura 17 apresenta a participação de cada setor da empresa em estudo no consumo de aço.

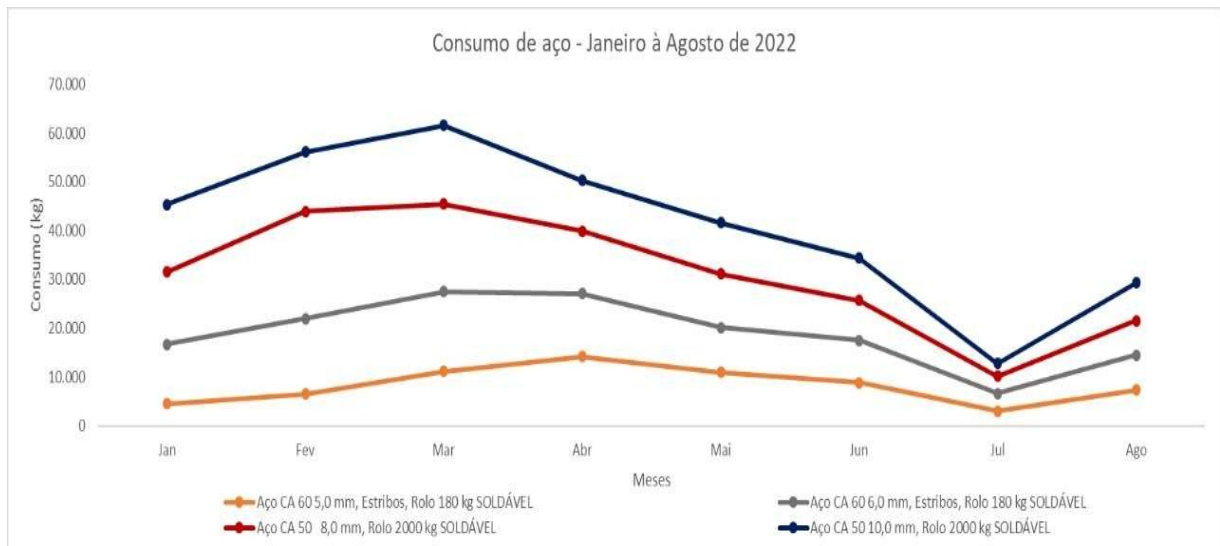
**Figura 17 - Participação dos setores no consumo de aço**



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

Para esta pesquisa acompanhou-se o consumo de aço nos meses de janeiro a agosto de 2022, e foi relacionado à produção total da fábrica em toneladas. Na Figura 18 é destacada uma análise de consumo dos aços com as bitolas utilizadas na produção das armações de pré-lajes.

**Figura 18- Comportamento do consumo do aço**



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

A Figura 19 traz assim a Produção total da fábrica em toneladas.

**Figura 19-** Produção total da fábrica em toneladas



Fonte: documentação da pesquisa (2022)

## 5.5 Resultados do estudo de caso

Ao se analisar o processo de produção das armações de pré-lajes, os oito pontos de desperdícios destacados pela filosofia *Lean* (Defeitos no produto, Espera, Transporte, Estoque, Superprodução (processamento excessivo), Movimento desnecessário, Desconsideração das Habilidades Humanas (capital intelectual) foram considerados.



O primeiro dos desperdícios observado foi a movimentação, ou seja transporte do aço da central de corte e dobra para o estoque de barras e estribos do setor de pré-lajes. A fábrica tem apenas uma empilhadeira e esta faz o transporte entre as duas etapas devido à capacidade, além deste recurso ser também utilizado para transportar outros itens dos demais setores da fábrica. Este fato incide, por muitas vezes, no atraso da entrega do aço ao setor, que por sua vez corrobora para a falta de tempo do colaborador armazenar as barras e estribos em seus lugares corretos no estoque. Daí insere-se outros desperdícios que são a Espera e a necessidade melhoria no processamento. Espera nos setores que esperam pelo aço, espera no setor de estoque de barras e estribos.

O estoque do setor de pré-lajes também contribui para o desperdício de aço, pois são ao total setenta e oito espaços para alocação dos cortes, mas ao total são cento e vinte e oito posições diferentes de barras e estribos. Essa defasagem entre espaço e quantidade de cortes faz com que coloquem barras de tamanhos diferentes no mesmo espaço e por muitas vezes o montador utiliza barras de tamanhos maiores que as especificadas em projeto e corta as barras na forma, ou seja, outro tipo de espera e a sinalização de produção antecipada ou superprodução pelos fornecedores dos itens estocados.

Quanto à movimentação da empilhadeira foi constatado que este recuso leva em média 15 a 20 minutos para transportar todo o aço das peças em estudo, saindo da central de corte e dobra até o estoque do setor, nessa análise pode-se considerar que seria um ponto de melhoria as armações serem produzidas no galpão da central de corte e dobra, onde acontecem a confecção das armações de pilares e vigas, dessa forma as armações de pré-lajes seriam transportadas já prontas para o setor, através de carrinhos de mão adaptados para transportes de armação, carrinhos esses já existentes e utilizados atualmente apenas para transporte das armações de viga, as armações mais pesadas de pré-lajes também poderiam ser transportadas pelos pórticos móveis que circulam sob trilhos e conectam os dois setores.

Com estoque de barras e estribos e a produção de armações próxima da estação de trabalho de corte e dobra, seria mais fácil aplicar os conceitos do JIT nessa operação, já que a possibilidade de se aplicar o estoque mínimo é evidente. Para esta ação é possível utilizar o *kanban*, o *JIT* e o *Kaizen*, sinalizando níveis saudáveis de estoque, dinamizando o pedidos de itens aos diferentes fornecedores, ou seja, sempre que algum tipo de barra ou estribo atingir um nível crítico de número de peças, o próprio usuário daquele item do setor de corte e dobra poderá programar a produção e iniciar o processo de reposição usando.

A organização do estoque e a disponibilidade de lugares bem-sinalizados com número de cada posição de corte é muito importante, pois no processo estudado cada uma das 128

posições devem ficar separadas, fato esse que facilitaria a separação das barras retas e dobradas que são solicitadas no projeto, reduzindo ainda mais o tempo de produção.

Quanto ao nível de projeto das peças pré-fabricadas, a utilização do BIM é altamente considerável, pois por meio dessa ferramenta os profissionais responsáveis pelo processo de projetar poderiam considerar as limitações do processo fabril e das formas, as quais permeiam parte das causas das perdas do aço. Além disso o *software* de modelagem da informação na construção, contribuiria para amplo acesso às informações de projeto, fabricação e montagem das peças, fator esse que atualmente é um ponto de atenção na empresa, pois informações cruzadas e discrepantes são fontes de erros que implicam em desperdício.

É importante salientar que a tecnologia BIM tem que estar apoiada em práticas de gestão alinhadas aos métodos e ferramentas do *lean construction* e às ideias de integração das informações do ciclo de vida do produto e seus insumos. Neste sentido apresenta-se no Quadro 3 as análises dos oito desperdícios em relação ao setor estudado.

Quadro 3 - Relação Desperdício e Percepções no Estudo de Caso

<b>Desperdícios Analisados</b>	<b>Percepções na Empresa</b>
Defeitos no produto	São relacionados às inconformidades nas formas e divergências da armação com o projeto.
Espera	Demora na entrega dos estribos e barras cortadas específicas.
Estoque	Excesso de estoque de barras e estribos no setor de pré-lajes.
Movimento	Recurso escasso, apenas uma empilhadeira para movimentação de toda a fábrica.
Superprodução	Produção acima do nível demandado para cobrir possíveis falhas, gerando excesso de peças no estoque.
Habilidades Humanas	Falta de treinamento adequado para determinadas funções.

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

Por meio das percepções no caso prático em estudo sugere-se algumas ações que podem auxiliar na geração de valor ao processo. Partindo do estudo literário do *Lean Construction* apresentado por Koskela(1992), a gestão das atividades de fluxo é essencial para aprimorar os índices de desempenho deste processo produtivo. Neste sentido, este estudo apresenta uma possibilidade de planejamento para auxiliar na tomada, com vistas a minimizar os desperdícios. Estas sugestões relacionam oito desperdícios x princípios do *Lean Construction* e Sugestões para setor estudado. Os princípios do LC 1. Redução das parcelas que não agregam valor 2. Aumento do valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente- 3- Aumento do valor do produto por meio de análises das necessidades do cliente. 4-Redução da variabilidade; 5- Redução do tempo de ciclo; 6- Simplificação pela minimização de deslocamento e partes do processo; 7- Ampliação da flexibilidade na execução do produto; 8- Aumento da transparência; 9- Acompanhamento e controle de todo o processo; 10- Estabelecimento de melhoria contínua ao processo; 11- Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões; 12- Benchmarking.

Quadro 4 - Análise dos Desperdícios

<b>Desperdícios Analisados</b>	<b>Princípios <i>Lean construction</i> que auxiliarão em melhores soluções</b>	<b>Sugestões de melhoria contínua</b>
Defeitos no produto	1-2-4-5-8-9-10-11-12	Maior alinhamento das formas e da montagem com os projetos.
Espera	1-2-3-4-5-6-8-9-10-11-12	Eliminar o transporte das barras e estribos, através da realocação do setor de armações.
Estoque	1- 4-5-6-9-10-11-12	Ao realocar a atividade de armação, o estoque de barras e estribos ficará mais próximo do setor de corte e dobra, permitindo o acompanhamento dos níveis de estoque.

Movimento	1-5-6-7-8-9-10-11-12	A movimentação poderá ser realizada por carinho manual e para armações mais pesadas por empilhadeira, mas em quantidades maiores, eliminando o tempo de espera por matéria prima.
Superprodução	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12	Reduzindo falhas, reduzirá a incerteza de falta de peças e assim não haverá a necessidade de produzir mais que o demandado.
Habilidades Humanas	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12	Aumentar a quantidade de treinamentos para cada função, reduzir realocações de funções.

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

**Figura 20 - Diretrizes para análise de desperdícios no setor de Pré-Lajes**

Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisão dos projetos das formas e alinhamento com a equipe de projetos.</li> <li>• Acompanhamento da etapa de montagem de armação pela equipe de qualidade.</li> </ul>
Movimentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte apenas de armações prontas através, em sua maioria, em carrinhos manuais, reduzindo tempo de transporte.</li> </ul>
Espera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor tempo de alocação da empilhadeira para o setor de pré-lajes.</li> </ul>
Superprodução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor alinhamento da produção com a demanda de obra.</li> </ul>
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento mais próximo do estoque de produção por Kanban</li> </ul>
Habilidades Humanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apontar índices de monitoramentos para treinamentos de cada posição de trabalho.</li> </ul>

Fonte: documentação da pesquisa (2022)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo fazer um estudo do processo de produção das armações de pré-fabricados chamados de pré-lajes e analisou possíveis melhorias com base nos pensamentos da construção enxuta, além de sugerir a implantação da ferramenta BIM para integração das informações de projeto e processos de produção.

Com essa análise, algumas soluções simples e de custos não muito elevados foram sugeridas para sanar partes dos desperdícios do aço empregado no produto objeto de estudo, essas soluções propostas poderiam também reduzir o retrabalho e tempo global de produção das peças, resultando em melhor nível de produtividade.

Com as ponderações feitas, fica claro que se faz necessário um desenvolvimento melhor do estudo, para evidenciar suas implicações. Contudo, esse estudo trouxe indicações e possíveis aplicações de ferramentas que ajudarão no melhoramento do processo e na redução das perdas, algo que se faz tão necessário à uma empresa que visa se manter competitiva no mercado.

Para continuidade deste estudo propõe-se aplicar as ferramentas do *Lean Construction* e as propostas geradas por esse trabalho fazer uma análise estatística mais profunda dos impactos dessa implantação, o que não foi possível durante o desenvolvimento desse trabalho. A utilização do BIM e sua integração com as práticas da construção enxuta aplicada à fábrica de pré-moldados, também é passível de um estudo mais aprofundado, pois a empresa em que se desenvolveu o estudo, não utiliza dessa ferramenta.

## REFERÊNCIAS

- ABDI – **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)**. Classificação da Informação no BIM – Guia 2. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC, Vol 2, Brasília, DF, p.38, 2017.
- ALBARRAN, E.G. **Construção com Elementos Pré-Fabricados em Betão Armado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.
- ALVES, Fábio José. **Desperdícios na construção civil**. [s.d]. Disponível em: [http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/99](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/99). Acesso em 02 de set. 2022.
- ALVES, João Murta. **O sistema just in time reduz os custos do processo produtivo**. São Paulo: Unicamp, 1995.
- BARTEZZAGHI, E.; CORSO, M.; VERGANI, R. **Improving development capabilities through inter-project learning**. In: EUROPEAN DOCTORAL SUMMER SCHOOL IN TECHNOLOGY MANAGEMENT, 9., 1999, Enschede, The Netherlands. Proceedings... The Netherlands: Twente University, /Unpublished/.
- BASTOS, Bernardo Campbell; CHAVES, Carlos. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo**. 2012. Disponível em: 42916442.pdf (aedb.br). Acesso em 28 de ago. 2022.
- BELOHUBY, M.; ALENCAR, R.S.A. **Tecnologia do concreto pré-fabricado: Inovações e aplicação**. In: MANUAL MUNTE de projetos em pré-fabricados de concreto. 2. ed., p. 511-531, 2007.
- BEZERRA, Pedro Henrique Pinto; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; SCHEER, Sergio. **BIM no planejamento de empreendimentos com sistemas de painéis pré-fabricados: uma alternativa para obras de habitação social**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v.9, n.3, p.192-203, set.2018.ISSN1980-6809.Disponível em: Vista do BIM no planejamento de empreendimentos com sistemas de painéis pré-fabricados: uma alternativa para obras de habitação social (unicamp.br). Acesso em 10 de nov. 2022.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- CAPOTE, Gart. **BPM para Todos: Uma visão Geral, Abrangente, objetiva e Esclarecedora sobre Gerenciamento de Processos de Negócio – BPM**. 1ª Edição, Rio de Janeiro, 2012.
- CBIC, **Construção civil cresce 5,6%, mas alta de preços de insumos impede elevação maior. 2020. Disponível em:** Construção civil cresce 5,6%, mas alta de preços de insumos impede elevação maior - CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Acesso em 11 de set. 2022.
- CNI – **Confederação Nacional da Indústria**. 2021.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo.** Segunda Edição. Porto Alegre, Bookman Editora, 2008.

DEGASPERI, Anderson Borges et al. **Estudo da tecnologia bim e os desafios para sua implantação.** [s.d]. Acesso em: revista-espaco-academico-v07-n02-artigo-05.pdf (multivix.edu.br). Acesso em 24 de nov. 2022.

EBELING, E.B. **Análise de Base de Pilares Pré-Moldados na Ligação com Cálice de Fundação.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2006.

BLOXS. **Construção modular: uma inovação prestes a revolucionar o mercado imobiliário.** Disponível em: <https://conteudos.bloxs.com.br/construcao-modular-uma-inovacao-prestes-a-revolucionar-o-mercado-imobiliario>. Acesso em 23 DE NOV. 2022.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** São Carlos, ESC-USP. São Carlos, 1999.

FALKOWSKI, P., KITOWSKI, P.: **The 5S methodology as a tool for improving organization of production.** PhD Interdisciplinary Journal, n. 3, p. 127-133, 2013.

FERRARI, Jean. **O impacto positivo da filosofia Lean na construção civil.** 2021. Disponível em: <https://piniweb.com.br/o-impacto-positivo-da-filosofia-lean-na-construcao-civil/>. Acesso em 02 de set. 2022.

FERRAZ, Henrique. **O Aço na Construção Civil.** 2005. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56082035/O\\_ACO\\_NA\\_CONSTRUCAO\\_CIVIL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1662470272&Signature=IFVsobpMBWjTGUbDeXOiFWSaQrzKCieSMVQpAvQS6F7-s1tQBgTE6-ItQXTJyrmKKbiyqP5kEYtK3h8MkxhIEVaQyGEA2QBtY4NQsP0cXSC~egttJNvKfVwKAE4abQyADa4ajkac0x6vk1NENpfDkG2kmAdA7APJJ7P3THEO9Y9jSiDbu0OqA13uVAnypd~J9QBZliLdcQDosaP-TAf2TUmvHTWki~68ALvxQ77VnuJmcmwsh05vZf0nsIQGFw4L3u4pUqIN30NcdX3t-Bn2diHom6DY4sXcoccnUKcuF4YJ~P1mXVjgTj0htaaBIhPROzCjTKv4RI3iBYUkLWpIA\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56082035/O_ACO_NA_CONSTRUCAO_CIVIL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1662470272&Signature=IFVsobpMBWjTGUbDeXOiFWSaQrzKCieSMVQpAvQS6F7-s1tQBgTE6-ItQXTJyrmKKbiyqP5kEYtK3h8MkxhIEVaQyGEA2QBtY4NQsP0cXSC~egttJNvKfVwKAE4abQyADa4ajkac0x6vk1NENpfDkG2kmAdA7APJJ7P3THEO9Y9jSiDbu0OqA13uVAnypd~J9QBZliLdcQDosaP-TAf2TUmvHTWki~68ALvxQ77VnuJmcmwsh05vZf0nsIQGFw4L3u4pUqIN30NcdX3t-Bn2diHom6DY4sXcoccnUKcuF4YJ~P1mXVjgTj0htaaBIhPROzCjTKv4RI3iBYUkLWpIA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em 03 de set. 2022.

FERREIRA, M.A. **A importância dos sistemas flexibilizados,** (apostila) 2003.

FERREIRA, Rafael Guilherme Gomes. **O uso do aço na construção civil.** 2021. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Civil/O%20USO%20DO%20A%C3%87O%20NA%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20CIVIL.pdf>. Acesso em 03 de set. 2022.

FIBRA. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil.** Brasília, 14 de fev. 2017. Disponível em: [Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil \(sistemafibra.org.br\)](http://sistemafibra.org.br). Acesso em 08 de nov. 2022.

FORNO, A. J. D.; PEREIRA, F. A.; FORCELLINI, F. A.; KIPPER, L. **M.Value stream mapping: A study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, p. 779–790, 2014.

GALCERAN, Bruno Augusto Pissini. **Redução do desperdício na construção civil através de técnicas construtivas mais eficazes**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2013. Disponível em: Microsoft Word - Monografia ENTREGA FINAL REV 6 - 15.04.13 (ufmg.br). Acesso em 01 de set. 2022.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM**. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em 21 de jan. 2022.

GASQUES, Ana Carla Fernandes et al. **Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica**. Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/23375/14566>. Acesso em 29 de ago. 2022.

GAZEL, W. F; SALLES, A. A.; FEITOSA, W. G. **Manutenção estratégica: Integração entre as áreas de produção e manutenção**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, PR, Brasil, 34. 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

HIRAGA, Laiz Eritiemi de Moura; ZOCCAL, Lucas Furlani; SATOLO; Eduardo Guilherme. **Aplicações do conceito lean production no agronegócio brasileiro: um levantamento do estado da arte e perspectiva de trabalho futuros**. Curitiba, 2014. Disponível em: Titulo (abepro.org.br). Acesso em 01 de set. 2022.

IABr- **Instituto do aço do Brasil**. Mercado de aço brasileiro. 2021.

JUSTI, Alexander. **Learn Construction e BIM: parceria de sucesso**. 2020. Disponível em: Lean Construction e BIM: parceria de sucesso - Alexander Justi (alexjusti.com). Acesso em 20 de out. 2022.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Center for Integrated Facility Engineering – CIFE, Stanford University, Stanford – EUA, Technical Report n. 72, 1992.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction** Espoo, 2000. 296 f. Thesis (Doctor) - Technical Research Centre of Finland, espoo, 2000.

KEYTE, B; LOCHER, D. **The complete lean enterprise: value streams mapping for administrative and office process**. Productivity Press, New York, 2004.

LOPES, Tayana Ortix; FROTA, Claudio Dantas. **Aplicação dos conceitos do lean manufacturing para melhoria do processo de produção em uma empresa de eletrodomésticos: um estudo de caso**. 2015. Disponível em: Titulo (abepro.org.br). Acesso em 29 de ago. 2022.

MARHANI, M. A.; JAAPAR, A.; BARI, N. A. A. **Sustainability Through Lean Construction Approach: a literature review**. Procedia - Social And Behavioral Sciences, 101, novembro 2013.



MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARUOKA, L.M.A. **Estratégias de produção adotadas pelas construtoras no ambiente contemporâneo**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Paulo. 2003.

MELO, C. E. E. Vigas armadas e protendidas. In: **MANUAL MUNTE de projetos em pré-fabricados de concreto**, p. 299-349. 2007.

MENEGARO, Bruna Ferreira; PICCININI, Ângela Costa. **Aplicação da metodologia BIM (Building Information Modeling) no processo de projeto, com foco em compatibilização**. UNESC. 2017. Disponível em: BrunaFerreiraMenegaro.pdf (unesc.net). Acesso em 19 de out. 2022.

MERCADO do aço promete alavancar economia em 2022. **Monitor Mercantil**. 11 mar. 2022. Disponível em: Mercado do aço promete alavancar economia em 2022 | Monitor Mercantil. Acesso em 11 set. 2022.

NETO, João Isidro et al. **Utilização do aço na construção civil**. 2021. Disponível em: [http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/6792/1/Jo%c3%a3o%20Is%c3%a3o%20Is%c3%a3o%20Utiliza%c3%a7%o%20do%20a%c3%a7o%20na%20constru%c3%a7%o%20civil\\_monografia\\_TCC.pdf](http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/6792/1/Jo%c3%a3o%20Is%c3%a3o%20Is%c3%a3o%20Utiliza%c3%a7%o%20do%20a%c3%a7o%20na%20constru%c3%a7%o%20civil_monografia_TCC.pdf). Acesso em 29 de ago. 2022.

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

OLIVEIRA, Chrystianne Maria Rodrigues de. **Contribuições ao processo de projeto de arquitetura no setor público**. São Paulo: FAUUSP, 2016. Disponível em: chrystiannemariarev.pdf (usp.br). Acesso em 20 de out. 2022.

PAIS, Jessica Dayane. et al. **Estudo dos benefícios alcançados na utilização da plataforma Bim no planejamento e execução de projetos de construções de obras**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 06, Vol. 08. 2021. Disponível em: Estudo dos benefícios alcançados na utilização da plataforma Bim no... (nucleodoconhecimento.com.br). Acesso em 20 de out. 2022.

PERDIGÃO, Leandro; JUNIOR, Adival José Reinert. **Lean Construction**: como os princípios da manufatura enxuta podem contribuir na gestão dos processos construtivos da construção civil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 02, Vol. 03, pp. 165-185. 2022. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/principios-da-manufatura>. Acesso em 01 de set. 2022.

PEREIRA, Adriana Mansur et al., Aplicação Da Construção Enxuta (Lean Construction) Na Construção Civil. **Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção**. 2015. Disponível em: Titulo (abepro.org.br). Acesso em 07 de fev. 2023.

PORTO, S. **Pré-moldados de concreto**: Soluções sustentáveis para obras habitacionais, esportivas e de infraestrutura. IBRACON, LII CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, São Paulo 2010.

PINTO, Gilberto Júnior Ferreira; MELO, Eusileide Suianne Rodrigues Lopes de; NOTARO, Krystal de Alcantara. **Geração de resíduos sólidos da construção civil – métodos de**

**cálculo.** IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2016. Disponível em: III-003.pdf (ibeas.org.br). Acesso em 20 de nov. 2022.

QUINDERÉ, André. **BIM e Lean Construction:** a união que pode alavancar a produtividade das suas obras. 2022. Disponível em: BIM e Lean Construction: a união que pode alavancar a produtividade das suas obras (agilean.com.br). Acesso em 18 de out. 2022.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar:** Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SANTO, Juliete de Oliveira et al. **Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais.** 2014. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, v. 1, n.1, p. 73-84.

SCOTELANO, Laíce de Souza. **Aplicação da Filosofia Kaizen e uma Investigação sobre a sua Difusão em uma Empresa Automobilística.** Rev. FAE, Curitiba, v.10, n.2, p.165-177, jul./dez. 2007.

SHARMA, A.; MOODY, P. E. **A máquina perfeita:** como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Pearson, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Artmed, 2ª edição, Porto Alegre, 1996.

SILVA, Thalita Cristina Rodrigues; ALENCAR, Marcelo Hazin. **Gestão de riscos na indústria da construção civil: proposição de uso integrado de metodologias.** 2013. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STP\\_177\\_007\\_22548.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_007_22548.pdf). Acesso em 02 de set. 2022.

SILVA, Matheus Augusto de Freitas. **Construção enxuta em obras de pequeno porte.** Trabalho de Conclusão De Curso. 2018.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo, Editora Compacta, 2009.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** São Paulo: Atlas, 2000.

VIEIRA, Bianca Alencar; NOGUEIRA, Lauro. **Construção civil: crescimento versus custos de produção civil.** Sistemas & Gestão, Vol. 13, No. 3, 2018. Disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1419>. Acesso em 01 de set. 2022.

VIEIRA, Danielle F. D V. et al., **O uso de pré-fabricados na construção civil:** Elaboração de um checklist para o controle da qualidade na fabricação e montagem de pré-fabricados. 2018. Disponível em: Histórico do pré-fabricado - Leonardi - Construção Pré-fabricada. Acesso em 03 de nov. 2022.

WERKEMA, M. C. **Lean Seis Sigma:** Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 13-80, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking:** elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.