

# MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO DE ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

Lima, Ana Julia<sup>1</sup>  
Schotten, Paulo César<sup>2</sup>

## RESUMO

A modelagem do processo de fabricação de estacas pré-moldadas desempenha um papel crucial na busca por eficiência e qualidade na construção civil. Este estudo tem como objetivo modelar o fluxograma trazendo a visualização desse processo. A pesquisa abordou teoricamente temas como Administração da Produção, Processo Produtivo, Fluxograma e Modelagem de Processo para fundamentar a investigação. Metodologicamente, classifica-se como uma pesquisa descritiva e estudo de caso, utilizando entrevistas semiestruturadas com gestores e profissionais do setor envolvido. Como estudo de caso, utilizou-se o processo de fabricação de estacas em uma empresa privada. O modelo desenvolvido representa de forma sistemática as etapas desde o recebimento do pedido, do planejamento até a distribuição das estacas das estacas pré-moldadas de concreto. Este estudo não só contribui para a prática da empresa estudada, mas também pode ser aplicado como referência para outros processos produtivos na construção civil, o que pode levar a escolhas mais coerentes em relação a utilização dos recursos e estratégias de produção.

**Palavras-chave:** Modelagem; Estacas pré-moldadas; Gestão da produção.

## ABSTRACT

Modeling the precast pile manufacturing process plays a crucial role in the search for efficiency and quality in civil construction. This study aims to model the flowchart, providing visualization of this process. The research theoretically addressed topics such as Production Administration, Production Process, Flowchart and Process Modeling to support the investigation. Methodologically, it is classified as a descriptive research and case study, using semi-structured interviews with managers and professionals from the sector involved. As a case study, the pile manufacturing process at the private company was used. The developed model systematically represents the steps from receiving the order, from planning to the distribution of precast concrete piles. This study not only contributes to the practice of the company studied, but can also be applied as a reference for other production processes in construction, which can lead to more coherent choices regarding the use of resources and production strategies.

**Keywords:** Modeling; Precast piles; Production process.

## 1 INTRODUÇÃO

A modelagem do processo de fabricação de estacas, conforme aponta Gonçalves e Bernardes (2007) desempenha um papel fundamental na garantia da eficiência e qualidade dos elementos estruturais utilizados na construção civil. Esse processo de fabricação de estacas vem sendo aperfeiçoado ao longo dos anos em

---

<sup>1</sup> Acadêmica do 10º semestre de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina.

<sup>2</sup> Professor Doutor –Orientador.

busca de maior segurança, principalmente por ser um elemento componente e aplicado em construções residenciais e industriais.

Com a Revolução Industrial no século XVIII, conforme aponta Danziger (2021), houve uma transformação significativa na fabricação de estacas e, com a aplicação do ferro fundido e, posteriormente, do aço permitiu a produção de estacas mais duráveis e resistentes. A introdução de máquinas e processos industriais, segundo o autor, acelerou a produção e possibilitou a padronização dos componentes. O autor afirma ainda que nos séculos seguintes, os avanços tecnológicos e a aplicação de novos materiais, como o concreto armado, trouxeram uma nova fase para a fabricação de estacas, como a utilização de técnicas de pré-fabricação e a modelagem digital permitiram um maior controle sobre o processo de fabricação, resultando em estacas mais precisas e eficientes.

Posto a importância do processo, esse estudo por meio de modelagem, auxilia diretamente na análise, pois permite entendê-lo de forma clara. A diagramação do processo de construção de estacas possibilita enxergar gargalos e outros problemas que, sem uma visualização sistemática, são difíceis de notar. Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho é modelar o processo de fabricação de estacas pré-moldadas.

A pesquisa, uma vez concluída, permite uma visualização do processo de forma estrutural, por meio da modelagem, podendo ajudar a identificar melhorias na eficiência, qualidade e sustentabilidade do processo. As descobertas podem ser aplicadas na prática, resultando em processos de fabricação mais eficazes e econômicos. As informações obtidas por meio da modelagem do processo podem auxiliar na tomada de decisões mais assertivas por parte dos gestores e engenheiros envolvidos na fabricação de estacas pré-moldadas, que pode levar a escolhas mais coerentes em relação a investimentos, recursos e estratégias de produção.

Para que o objetivo seja alcançado, essa pesquisa foi dividida em 5 seções distintas, sendo a seção 1 destinada a apresentar a pesquisa, sua importância e objetivo. Na seção 2 apresenta-se um estudo teórico sobre processo de fabricação e modelagem de processos para subsidiar e fundamentar a pesquisa e o estudo. Na seção 3 apresenta-se a metodologia empregada para coleta e análise dos dados. A seção 4 apresenta o processo de fabricação de estacas e o modelo desenvolvido para representar o processo de produção. Por fim, a seção 5 traz as considerações finais deste estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Administração da produção

A administração de produção, conforme apresentado por Moreira (2012) surgiu em meio a Revolução Industrial dos séculos XVIII e XIX devido ao início da produção industrial moderna, com a necessidade da elaboração de técnicas de administração para conseguir interligar a capacidade de produção de produtos manufaturados trazendo condições extremamente favoráveis.

Historicamente, Moreira (2012) aponta que enquanto a Inglaterra dominou o século XIX, o século XX foi marcado pelo domínio industrial, político e econômico dos Estados Unidos, responsáveis por um quarto do comércio global de produtos manufaturados.

O autor afirma ainda que embora essa posição tenha sido ameaçada nas últimas duas décadas por outros países, como o Japão, Alemanha e França, a maior parte do século foi caracterizada pela era norte-americana, que difundiu técnicas e instrumentos de gestão da produção em inúmeros países, complementando que essas técnicas, incluem a produção em massa, que se tornou um símbolo do poderio industrial dos Estados Unidos desde a introdução da linha de montagem de automóveis Ford em 1913.

Por fim, apresenta ainda o autor que no final do século passado e início do presente, a noção de "administração científica" da produção também foi introduzida por Frederick Taylor, um engenheiro dedicado ao avanço da eficiência e racionalidade na administração do trabalho nas fábricas americanas.

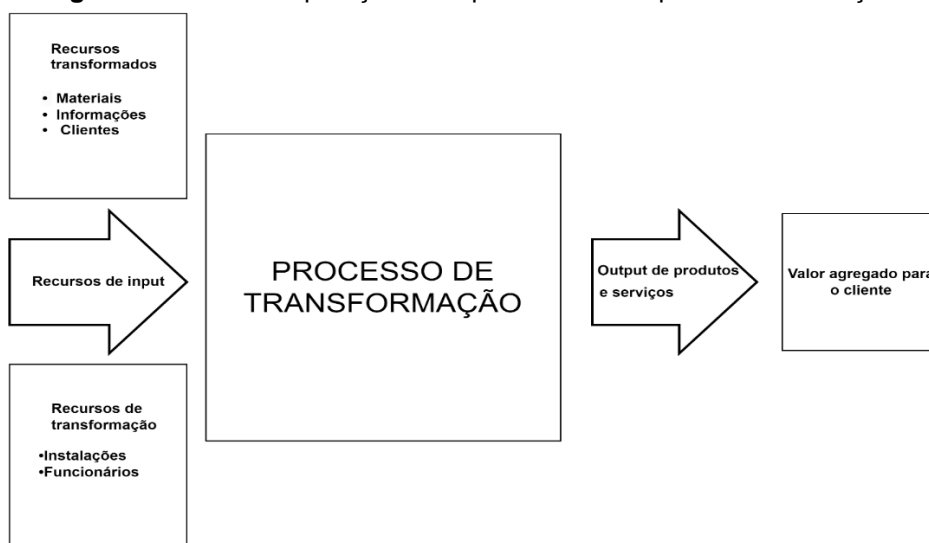
As técnicas de produção em massa, na visão de Martins e Laugeni (2015) predominaram até meados de 1960, quando surgiram novas abordagens produtivas, como a produção enxuta, que foi gradualmente adaptada, modificando a forma como as fábricas operavam. A produção enxuta, de acordo com o autor, introduziu outros conceitos determinantes para o alcance de uma produção customizada, onde o consumidor se tornou agente principal, forçando as empresas a se desenvolver em diversos aspectos como práticas e desempenhos a fim de melhorar suas atividades para atingir seus objetivos na produção.

## 2.2 Processo produtivo

O processo produtivo é definido por Moreira (2012) como o conjunto das relações de atividades e operações envolvidas no processo de fabricação de bens ou serviços e este processo, mesmo que abstrato, é muito importante para demonstrar a ideia de totalidade, na apresentação de inúmeros conceitos fundamentais como os insumos, o processo de criação, os produtos e o subsistema de controle. O autor explora como várias etapas e elementos se juntam para atender às necessidades da sociedade à medida que surge a demanda por bens e serviços. Esses elementos incluem recursos naturais fornecidos pela terra, o trabalho humano dedicado à criação de produtos ou serviços específicos, e o capital, que engloba os bens utilizados tanto para aumentar a produção quanto para o consumo dos produtos.

Tratando-se de operações que envolvem o processo produtivo, Slack *et. al* (2018) afirma que todas elas geram e fornecem serviços e produtos através da conversão de elementos de entrada em elementos de saída, seguindo o padrão "entrada - transformação - saída". O autor demonstra que as operações são processos que compreendem um conjunto de recursos de entrada, utilizados para transformar algo ou que são transformados em serviços e produtos de saída, apesar de todas as operações seguirem esse modelo geral de *inputs* (entrada) - transformação – *output* (saída), elas se diferenciam pela natureza específica de suas entradas e saídas. A figura 1 demonstra como funciona o processo de transformação de todas as operações:

**Figura 1** - Todas as operações são processos de input – transformação – output



Fonte: Slack *et. al*, (2018).

As entradas do processo, no conceito de Slack *et.al* (2018) podem ser materiais que são transformados fisicamente, informações que mudam de propósito ou clientes que podem ser modificados fisicamente ou psicologicamente, desempenhando um papel ativo na operação, conhecido como coprodução. Já na saída, o autor mostra que há operações que criam e entregam apenas produtos, sendo tangíveis ou não e serviços que são atividades que podem envolver produtos de apoio, mas geralmente só ocorrem no consumo.

Posicionar o projeto de acordo com suas características de volume e variedade, conforme apresentado por Slack *et. al* (2018) é fundamental para facilitar a elaboração do fluxograma e a visualização dos detalhes do processo. É essencial analisar esses detalhes para garantir que o projeto atenda eficazmente aos seus objetivos. O autor enfatiza que a avaliação da viabilidade geral de um processo só é possível quando se realiza um estudo aprofundado de seus detalhes. Isso implica não apenas seguir um processo sequencial simples, mas integrar o projeto com os processos envolvidos em sua elaboração.

### **2.3 Projeto (fluxograma) do processo**

Projetar, no conceito de Slack *et. al* (2018) envolve conceber a aparência, o arranjo e a estrutura de algo antes de sua criação, mas é crucial desenvolver uma solução que seja viável na prática. Isso implica ter uma visão geral da intenção do projeto antes de começar a definir seus detalhes específicos.

Após a determinação do esboço geral de um processo, Lopes (2021) afirma que é crucial configurar as atividades individuais que o compõem, como a etapa detalhada do desenvolvimento de um processo que envolve a identificação de todas as atividades necessárias para atingir os objetivos do processo, a definição da sequência de execução dessas atividades e a atribuição das responsabilidades de execução.

Naturalmente, no ponto de vista do autor, algumas restrições devem ser consideradas, como a questão que certas atividades precisam ser concluídas antes de outras, e a execução de determinadas atividades pode estar restrita a indivíduos específicos ou a máquina, contudo, para processos de dimensão razoável, existe um grande número de abordagens alternativas de projeto o que implica na realização do



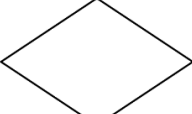


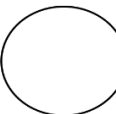

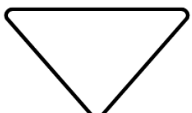
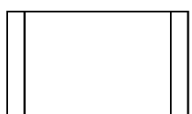
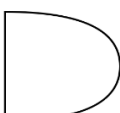
desenvolvimento de processos frequentemente se vale de uma abordagem visual simples, como o mapeamento de processos.

O mapeamento de processos consiste em descrever de maneira simples a inter-relação entre as atividades envolvidas, na opinião de Corrêa (2022) há diversas técnicas para realizar o mapeamento de processos (também conhecido como *blueprinting* de processos ou análise de processos), cada uma delas identificando os diferentes tipos de atividades presentes durante o processo e ilustrando o fluxo de materiais, pessoas ou informações envolvidas.

Conforme aponta Lopes (2021) símbolos específicos são empregados no mapeamento de processos, para categorizar diferentes tipos de atividades, embora, na opinião do autor, não exista um conjunto global de símbolos que seja aplicado universalmente a todos os tipos de processos, alguns símbolos têm uso comum e muitos deles têm origem nos primórdios da administração.

Com o uso do fluxograma, Moreira (2012) esclarece que um processo pode ser representado de maneira gráfica e sequencial, por meio de figuras geométricas que simbolizam o que cada etapa do fluxo de atividades trata como ação. São utilizadas setas para ligar cada forma geométrica, dando, assim, a caracterização do sequenciamento das etapas. A figura 2 apresenta a simbologia adotada em fluxogramas e seus respectivos significados:

**Figura 2** - Símbolos e significados para elaboração de um fluxograma padrão

| Significado             | Símbolo   | Descrição  |
|-------------------------|---|--|
| Início/término          |    | O retângulo com os cantos arredondados indica o início ou término do processo.   |
| Atividade               |    | O retângulo com os cantos retos representa cada uma das atividades do processo.  |
| Decisão                 |    | O losango indicada uma tomada de decisão, em seu interior há uma pergunta, e de acordo com a resposta, o fluxo divide-se em dois caminhos. |
| Documento               |    | Representa um documento pertencente ao processo ou um documento a ser gerado.  |
| Linha de fluxo          |    | Indica o caminho a ser seguido.  |
| Conector                |   | Circulo pequeno é utilizado para uma continuação no fluxograma ou uma interação com outro processo.  |
| Arquivamento provisório |  | Indica o arquivamento provisório de um documento.  |
| Arquivamento definitivo |  | Indica o arquivamento definitivo de um documento.  |
| Processo predefinido    |  | Representa a integração com um processo existente.   |
| Espera                  |  | Indica um tempo de espera. No interior do símbolo há o tempo aproximado.   |

Fonte: Adaptado conforme Gozzi (2015); Peinado e Graeml (2007).

Para elaboração do fluxograma, Lobo (2019) explica que é preciso fazer um levantamento dos passos que envolvem o trabalho, desde o operador até o final, passando, inclusive, pelos formulários envolvidos no processo.

## 2.4 Modelagem

A modelagem, segundo Moreira (2012) não apenas oferece uma representação gráfica do fluxo de atividades, mas também possibilita uma análise crítica e a identificação de oportunidades de melhoria. Ao sintetizar conceitos da administração da produção e do processo produtivo, Slack *et al.*(2018) percebe a necessidade premente de adotar abordagens sistemáticas que permitam a visualização detalhada e estruturada desses processos. Dessa forma, Lopes (2021) traz que modelagem contribui, assim, para a eficiência, qualidade e sustentabilidade dos processos de fabricação de estacas pré-fabricadas.

## 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Método é o conjunto de procedimentos e técnicas utilizados para alcançar determinado objetivo de pesquisa. De acordo com Bunge (2002), método é o caminho sistematicamente traçado para alcançar um objetivo. Com relação ao objetivo desta pesquisa, esta classifica-se como descritiva, e de acordo com Kerlinger e Lee (2005) as pesquisas descritivas são aquelas que têm como objetivo principal a descrição das características de um fenômeno ou de uma população.

Em relação aos procedimentos técnicos, descreve-se essa pesquisa como um estudo de caso. Para Lakatos e Marconi (2003), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que permite uma investigação aprofundada de um fenômeno em seu contexto real.

Voltado ao método de análise, esta pesquisa é qualitativa. Denzin e Lincoln (2006), apresentam a pesquisa qualitativa como um tipo de pesquisa que se preocupa em compreender os significados sociais e culturais atribuídos pelos indivíduos aos seus comportamentos e experiências.

Operacionalmente, esta pesquisa desenvolveu-se a partir da aplicação de entrevistas semiestruturadas. Conforme Gil (2002) as entrevistas semiestruturadas são aquelas em que o entrevistador tem uma lista de temas a serem abordados, mas tem liberdade para explorar questões emergentes durante a entrevista. Foram realizadas visitas presenciais às empresas do setor, onde foram conduzidas as entrevistas, seguindo um roteiro de perguntas previamente elaborado pelo pesquisador. As entrevistas foram aplicadas aos gestores e profissionais envolvidos no processo produtivo de estacas pré-moldadas. Os dados foram registrados durante



as entrevistas e posteriormente analisados para identificar padrões e tendências no processo produtivo. As visitas ocorreram no mês de julho de 2023.

## **4 MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO DAS ESTACAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS**

### **4.1 Apresentação da empresa**

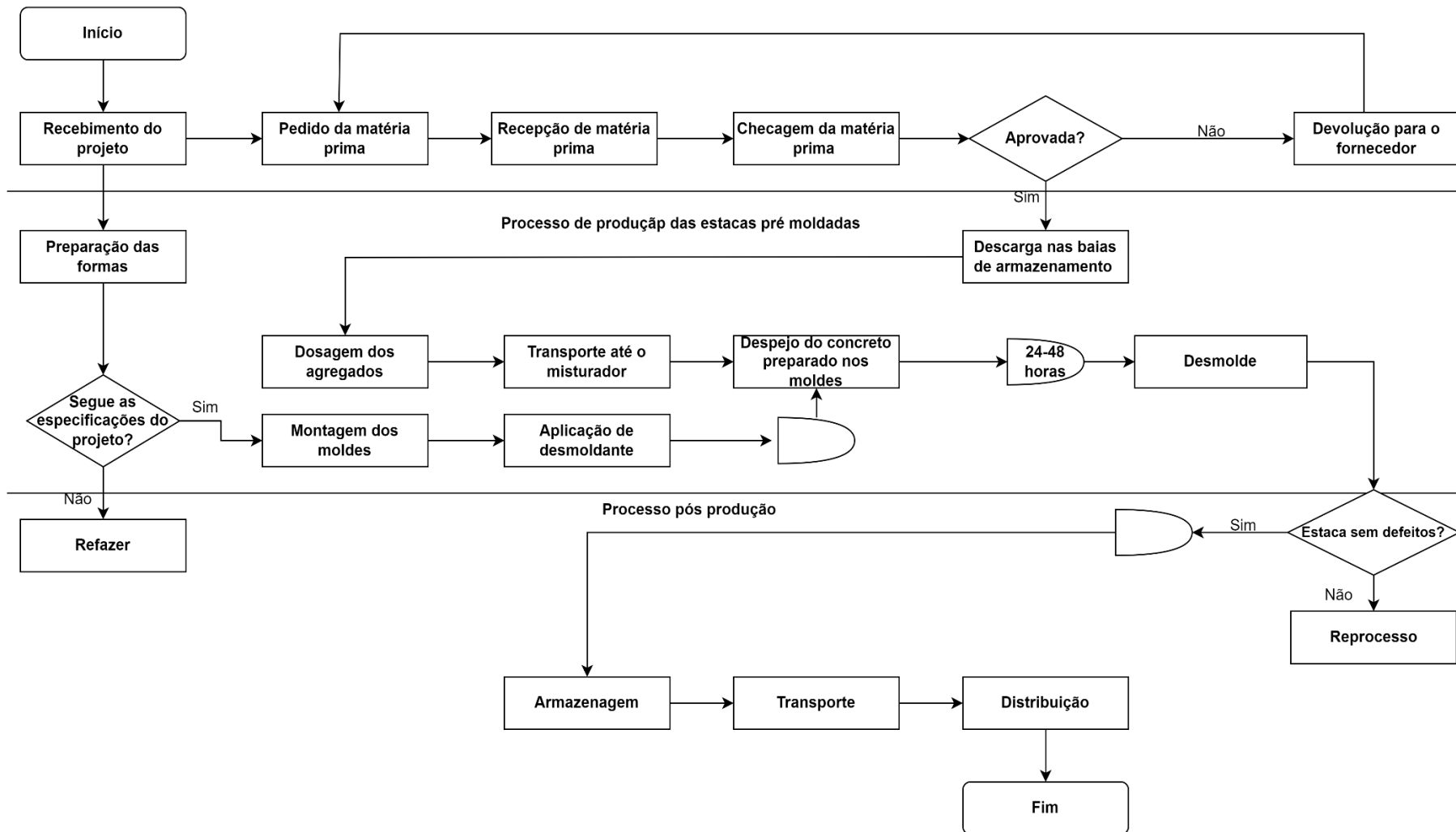
A empresa privada no ramo de fabricação de pré-moldados de concreto foi fundada no ano de 1958. Ela começou sua jornada na fabricação de vigas protendidas para pontes, marcando o início da era do concreto protendido no país. Nos anos 80, deu início à produção de estruturas pré-moldadas em concreto protendido. Em 1990, lançou a estrutura pré-moldada com longarinas, terças e calhas em concreto protendido. Hoje a fábrica tem capacidade de produzir até 120.000m<sup>3</sup> anuais de estruturas pré-fabricadas em concreto protendido.

### **4.2 Modelagem do processo produtivo das estacas pré-fabricadas**

O processo de fabricação das estacas pré-moldadas de concreto armado é um procedimento meticuloso e complexo, composto por diversas etapas cruciais para garantir a qualidade e durabilidade dessas estruturas. Cada passo é fundamental para assegurar a integridade das estacas e sua capacidade de suportar as cargas estruturais ao longo do tempo.

O processo envolvido na fabricação de estacas pré-moldadas de concreto armado envolve o planejamento detalhado do projeto, seguido pela preparação das formas, montagem e posicionamento da armadura, e, em seguida, a concretagem. Após a cura do concreto, as estacas são desenformadas, passam por acabamento e são armazenadas para posterior transporte e utilização. O modelo que representa o processo em estudo está ilustrado na figura 3, abrangendo cada etapa desde a entrada, passando pelo processamento de produção, até a saída.

Figura 3 - Modelagem do fluxograma do processo produtivo de estacas pré-moldadas



Fonte: a autora (2023).

Inicialmente, como pode ser visto na figura 3, o processo começa com o planejamento e projeto detalhado das estacas. Nesta fase, são especificadas as dimensões precisas das estacas, a resistência do concreto necessária, o tipo de armadura a ser utilizada, entre outras características específicas. Um planejamento cuidadoso é crucial para o sucesso da fabricação. Após o planejamento, segue-se para a preparação das formas. Moldes feitos de metal tratada são selecionados e montados com precisão para suportar o peso e a pressão do concreto durante a cura. As formas são minuciosamente limpas e aplicado um agente desmoldante para facilitar a remoção das estacas após a cura.

Em seguida, vem a preparação da armadura, onde as barras de aço são cortadas e dobradas de acordo com as especificações do projeto. Essas barras são então montadas em gaiolas de armadura, garantindo o posicionamento correto tanto longitudinal quanto transversal, com espaçadores utilizados para manter o cobrimento adequado de concreto. Depois disso, a armadura montada é cuidadosamente posicionada dentro das formas, assegurando centralização e cobrimento especificado para proteção contra corrosão e garantia de resistência estrutural das estacas. Então, ocorre a concretagem, onde o concreto é preparado de acordo com as especificações do projeto e despejado nas formas, preenchendo todos os espaços ao redor da armadura. Vibradores de imersão são utilizados para eliminar bolhas de ar e garantir a compactação adequada do concreto.

Após a concretagem, as formas são mantidas em um ambiente controlado para garantir a hidratação completa do cimento, utilizando métodos como cura úmida. Quando o concreto atinge a resistência inicial adequada, geralmente após 24-48 horas, as formas são removidas com cuidado para não danificar as estacas recém-fabricadas. Por fim, as estacas são cuidadosamente armazenadas e transportadas para o local da obra, onde serão utilizadas para suportar as estruturas planejadas. Este processo, quando executado com precisão e cuidado, assegura a produção de estacas de alta qualidade, capazes de atender às exigências estruturais e garantir a segurança das construções.

### **4.3 Percepções extraídas da análise**

Durante a visita ficou evidente problemas com as formas na fabricação de estacas pré-moldadas, algumas dessas formas estavam deformadas ou danificadas resultando em estacas com dimensões imprecisas, superfícies irregulares e até

mesmo falhas estruturais. Além de comprometer a conformidade das peças com as especificações técnicas, tais problemas podem levar a desperdício de material, aumento nos custos de produção e atrasos na entrega. Investir em formas de alta qualidade e durabilidade desde o início não apenas melhora a consistência e a precisão das estacas pré-moldadas, mas também contribui para a sustentabilidade e competitividade da empresa no mercado da construção civil.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do artigo foi desenhar por meio da modelagem o fluxograma que representasse o processo de fabricação de estacas pré-moldadas de concreto, utilizando como referência a prática observada na empresa. Este estudo busca aprofundar o entendimento sobre como essas estacas são produzidas. A partir deste modelo, poderão ser exploradas possibilidades de otimização, especialmente na identificação de gargalos e na redução de desperdícios de matéria-prima e tempo de produção. Para a empresa estudada, o fluxograma serve como base para decisões estratégicas. Do ponto de vista acadêmico, ele pode ser adotado como um padrão para aplicação em outros processos produtivos, contribuindo para o aprofundamento prático do conhecimento tanto por estudantes quanto por interessados na área.

Durante a elaboração do artigo, foram encontrados desafios significativos ao tentar aprofundar e complementar as etapas do estudo. Uma das dificuldades mais marcantes foi a limitação na análise detalhada de todas as operações envolvidas no processo, incluindo os tempos de cada operação.

Este estudo não se restringe apenas aos resultados obtidos, pois a metodologia aplicada pode inspirar novas investigações e inclusão de novos elementos. Diversos estudos derivados dessa pesquisa podem ser conduzidos, incluindo análises mais detalhadas do processo de fabricação das estacas; a logística envolvida e a medição da eficiência temporal para identificação de possíveis gargalos.

## REFERENCIAS

BUNGE, M. **A ciência, sua metodologia e sua filosofia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2002.

CORRÊA, Henrique L.; Carlos A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2022

- DANZIGER, Bernadete R. **Fundações em Estacas**. [s./] Grupo GEN, 2021.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Handbook of qualitative research**. Sage, 2006,
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, Claudio; BERNARDES, George de Paula; NEVES, Luis Fernando de Seixas. **Estacas pré-fabricadas de concreto: teoria e prática**. São Paulo [s,n] 2007
- KERLINGER, F. N.; LEE, H. B. **Foundations of behavioral research**. Cengage Learning. 2005.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- LAUGENI, Fernando P.; Petrônio Garcia. **Administração da produção**. [Digite o Local da Editora]: SRV Editora LTDA, 2015 LAUGENI, Fernando P.; Petrônio Garcia. **Administração da produção**. Rio de Janeiro: SRV, 2015
- LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da qualidade**. 2.ed. São Paulo: Erica, 2019
- LOPES, Charlie Hudson T. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2021.
- LOPES, F. **Modelagem de processos: Conceitos, técnicas e aplicação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.
- LOPES, Francisco. **Fundações em Estacas**. Rio de Janeiro: Editora LCK, 2021.
- MARTINS, Gilberto de Andrade; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015m.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Blucher, 2012.
- SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2018.