

## ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA (FMEA) NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO

**Ricardo Augusto dos Santos Horta<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Civil /  
ricardo.horta@cefetmg.br

### **Resumo**

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) é uma ferramenta de gestão de riscos amplamente utilizada para identificar e analisar potenciais falhas em processos, produtos ou sistemas. A FMEA permite que as organizações identifiquem riscos significativos que possam levar a acidentes ou lesões, oferecendo uma abordagem sistemática capaz de antecipar e mitigar essas falhas antes que elas se concretizem. Esta pesquisa teve como objetivo analisar os modos e efeitos de falha em estruturas de concreto pré-fabricado, considerando os estágios de fabricação, transporte, execução e utilização. O concreto pré-fabricado tem ganhado destaque em diversas aplicações nos últimos anos, especialmente em habitações de interesse social e obras de arte especiais, como pontes e viadutos. Sua produção em ambiente controlado permite um controle de qualidade alto, resultando em elementos que oferecem elevada resistência e durabilidade. Os resultados da análise mostram modos de falha críticos, como aço de reforço faltando durante a montagem das formas, insuficiência ou mau posicionamento de espaçadores plásticos, defeitos de cura do concreto, excesso de cargas e falhas na fixação de ganchos durante o içamento das estruturas, com recomendações específicas para mitigar estes riscos. Conclui-se que a integração da FMEA nas práticas de segurança da construção civil não só reduz a probabilidade de acidentes, mas também promove uma cultura de responsabilidade e conscientização entre os colaboradores, na medida em que aumenta o grau de envolvimento dos profissionais nas atividades de identificação de riscos e proposição de melhorias nos processos. Neste sentido, a FMEA se apresenta como uma abordagem eficaz para garantir construções mais seguras e sustentáveis, melhorando a qualidade dos projetos e a proteção dos trabalhadores.

### **Palavras-chave**

Concreto Pré-fabricado; FMEA; Segurança do trabalho.

### **1. INTRODUÇÃO**

A Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA - *Failure Modes and Effects Analysis*) é uma ferramenta fundamental para a gestão de riscos em diversos setores, incluindo a construção civil. Essa metodologia permite identificar e avaliar potenciais falhas em processos, produtos e sistemas, contribuindo significativamente para a segurança do trabalho (Stamatis, 2003). Ao aplicar a FMEA, as organizações podem prever modos de falha e implementar medidas preventivas, minimizando riscos e garantindo a integridade dos colaboradores durante a execução das obras.

No contexto da construção civil, o concreto pré-fabricado tem ganhado destaque em diversas aplicações, especialmente em habitações de interesse social e obras de arte especiais, como pontes e viadutos. Sua produção em ambiente controlado permite um controle de qualidade alto, resultando em elementos que oferecem elevada resistência e durabilidade. Tais características são fundamentais para atender à demanda por soluções habitacionais que sejam não apenas rápidas de construir, mas também seguras e sustentáveis. Além disso, o uso do concreto pré-fabricado em

obras de arte especiais representa uma inovação na engenharia civil, permitindo a execução de estruturas complexas de forma mais ágil e econômica.

A utilização de FMEA na análise de estruturas pré-fabricadas pode auxiliar a identificar riscos específicos associados a esses tipos de construções, garantindo que sejam realizadas de acordo com normas de segurança e qualidade. Em obras de habitação de interesse social e em obras de arte especiais, a integração do concreto pré-fabricado e da FMEA não apenas melhora a resistência e a eficiência das estruturas, mas também promove um ambiente de trabalho seguro, essencial para a proteção dos profissionais envolvidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Esta pesquisa tem como objetivo geral realizar uma análise dos modos e efeitos de falha de estruturas de concreto pré-fabricado, subsidiando a tomada de decisão referente à adoção de ações preventivas e corretivas para a melhoria dos processos e promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar as diferentes maneiras pelas quais os elementos estruturais de concreto pré-fabricado podem falhar, compreendendo suas causas e efeitos;
- Avaliar a severidade, probabilidade de ocorrência e potencial de detecção de cada modo de falha, permitindo identificar quais riscos devem ser abordados prioritariamente;
- Desenvolver estratégias de mitigação e ações corretivas para prevenir as falhas identificadas, reduzindo custos, acidentes de trabalho e melhorando a eficiência dos processos.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA (FMEA)**

A Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) é uma metodologia amplamente utilizada para identificar e analisar potenciais falhas em processos, produtos ou sistemas, e sua relação com a segurança do trabalho é de suma importância. A FMEA permite que as organizações identifiquem riscos significativos que possam levar a acidentes ou lesões, oferecendo uma abordagem sistemática para antecipar e mitigar essas falhas antes que elas se concretizem.

Ao aplicar a FMEA, as empresas podem mapear cada componente ou etapa de um processo, identificando modos de falha potenciais e os efeitos dessas falhas. Isso não apenas ajuda a destacar pontos críticos em um ambiente de trabalho, mas também prioriza os riscos com base em critérios como gravidade, probabilidade de ocorrência e detectabilidade.

Além disso, a FMEA contribui para a melhoria contínua dos processos de segurança. Ao documentar os modos de falha identificados e as ações corretivas implementadas, as organizações podem revisar e aprimorar regularmente suas práticas, criando um ciclo de *feedback* que fortalece a segurança ao longo do tempo. Essa abordagem sistemática não apenas reduz a probabilidade de acidentes, mas também fomenta uma cultura de segurança onde todos os colaboradores se sentem responsáveis pela identificação de riscos e pela proposta de melhorias.

A integração da FMEA em programas de treinamento também é uma parte vital de sua relação com a segurança do trabalho. Os resultados da análise podem ser utilizados para desenvolver treinamentos específicos, capacitando os colaboradores a reconhecer situações de risco e adotar comportamentos seguros. Isso não só eleva o nível de conscientização sobre a segurança, mas também empodera os funcionários a atuarem como agentes de mudança dentro da organização.

Por fim, a FMEA ajuda as empresas a garantir conformidade com normas e regulamentos de segurança. Muitas diretrizes de segurança exigem que as organizações realizem análises de risco, e a FMEA oferece uma abordagem estruturada que se alinha com esses requisitos, facilitando a adoção de práticas seguras.

Em resumo, a FMEA é uma ferramenta fundamental para a gestão da segurança do trabalho, permitindo a identificação, análise e priorização de riscos de maneira eficaz. Ao integrar essa metodologia nas práticas de segurança, as organizações não apenas minimizam a ocorrência de acidentes, mas também cultivam um ambiente de trabalho mais seguro e proativo.

### 3.2. ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO

O concreto pré-fabricado tem se tornado uma solução eficiente e inovadora na construção civil, permitindo a produção de elementos estruturais e não estruturais em condições controladas. Essa abordagem oferece vantagens em termos de qualidade, agilidade e sustentabilidade.

As principais características do concreto pré-fabricado incluem:

- **Resistência:** Os elementos são projetados para suportar cargas específicas, com resistência à compressão que pode variar de 20 a 50 MPa, dependendo da aplicação (ABNT NBR 6118).
- **Durabilidade:** A cura em ambiente controlado aumenta a durabilidade dos produtos, reduzindo a permeabilidade e a corrosão (FREITAS et al., 2018).
- **Versatilidade:** O concreto pré-fabricado é utilizado em diversas aplicações, desde a produção de lajes, vigas, pilares e paredes auto-portantes para edifícios, pontes, viadutos ou obras especiais como estádios de futebol.
- **Acabamento:** Produzidos em fôrmas controladas, os elementos oferecem acabamentos superiores, com dimensões geométricas padronizadas, minimizando a ocorrência de retrabalhos e o desperdício de materiais.

Os principais componentes e elementos construtivos do concreto pré-fabricado são:

- i. **Cimento:** É o material ligante, responsável pela resistência do concreto.
- ii. **Agregados:** Areia e brita que compõem a matriz do concreto, influenciando suas propriedades mecânicas (principalmente módulo de elasticidade e resistência mecânica).
- iii. **Aditivos:** Produtos químicos que melhoram características específicas do concreto, como retardadores de pega e superplastificantes.
- iv. **Fôrmas:** Moldes utilizados para dar forma aos elementos, que podem ser de diferentes materiais, como madeira, metal ou plástico.

A utilização do concreto pré-fabricado deve seguir normas técnicas específicas para garantir a segurança e desempenho. No Brasil, as principais normas incluem: ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado e ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Além destas, a execução das estruturas de concreto pré-fabricado deve seguir as diretrizes para segurança em canteiros de obras contidas na NR 18: Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção.

A produção de elementos pré-fabricados envolve várias etapas:

- 1) **Planejamento:** Análise das necessidades do projeto e definição dos elementos a serem fabricados.
- 2) **Fabricação:** Execução das armações, preparação da mistura de concreto, moldagem dos elementos nas fôrmas e cura em ambiente controlado.
- 3) **Inspeção:** Avaliação da qualidade dos elementos produzidos, garantindo que atendam às especificações técnicas. Controle tecnológico do concreto produzido por meio de ensaios de consistência por abatimento do tronco de cone (*slump test*) e ensaios de compressão.
- 4) **Transporte:** Após a fabricação, o transporte dos elementos pré-fabricados deve ser realizado com cuidados especiais para evitar danos. Este processo inclui:
  - **Veículos especializados:** Caminhões equipados para suportar o peso e o formato dos

elementos.

- **Fixação segura:** Os elementos devem ser adequadamente fixados para evitar deslocamentos durante o transporte.
- 5) **Execução:** A execução com elementos pré-fabricados consiste em algumas etapas:
- **Preparação do local:** O terreno deve estar pronto para receber os elementos, com fundações adequadas.
  - **Montagem:** Os elementos são posicionados utilizando guias e guinchos de coluna para o içamento, garantindo precisão na colocação.
  - **Conexões:** As ligações entre os elementos são realizadas, podendo envolver soldagem, ancoragens e aplicação de argamassa.

A utilização do concreto pré-fabricado representa uma evolução significativa na construção civil, proporcionando eficiência, qualidade e rapidez na execução de obras. Com o respeito às normas técnicas e boas práticas de produção e montagem, é possível maximizar os benefícios desse sistema construtivo, contribuindo para edificações mais seguras e sustentáveis.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. MÉTODO DE ABORDAGEM

Segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010), o método de pesquisa deste trabalho caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada, pois objetiva a geração de conhecimentos práticos sobre um problema específico. Será utilizada uma abordagem qualitativa e quantitativa. Do ponto de vista dos objetivos, essa é uma pesquisa exploratória, visando proporcionar familiaridade com o problema analisado. Quanto aos procedimentos metodológicos, o trabalho é classificado como um estudo de caso com elementos de pesquisa-ação, sendo fundamentada em revisão bibliográfica.

### 4.2. MÉTODO DE PROCEDIMENTOS

Neste trabalho foi utilizado o método da FMEA para a análise dos processos de fabricação, transporte, execução e utilização de elementos estruturais em concreto pré-fabricado. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Formação da equipe de trabalho;
- 2) Definição das fronteiras do estudo;
- 3) Análise do processo, construção do fluxograma e definição de informações necessárias;
- 4) Coleta de dados;
- 5) Construção da tabela da FMEA;
- 6) Cálculo dos riscos e definição de ações recomendadas;
- 7) Detalhamento das ações de melhoria.

A formação da equipe de trabalho buscou reunir pessoas que participam em áreas envolvidas com o processo estudado, como manufatura e qualidade.

A segunda etapa consistiu na definição das fronteiras do estudo (processos em análise), bem como quais os setores e clientes envolvidos no estudo.

A seguir, foi feita uma análise do processo, principalmente através da construção de um fluxograma. Também foram definidas as informações necessárias para a execução do estudo da

## FMEA.

Na quarta etapa, de coleta dos dados, foram reunidas informações referentes aos modos de falhas nos processos, a partir de sítios eletrônicos de empresas de concreto pré-fabricado e referências bibliográficas como artigos científicos, livros e normas regulamentadoras. A partir da análise desses documentos, foram definidos os valores para severidade, ocorrência e detecção de cada um dos modos de falha associados.

A quinta etapa consistiu na construção e preenchimento da planilha da FMEA, onde foram listados todos os itens, modos de falha, efeitos, causas, índices de severidade, probabilidade de ocorrência e de detecção.

Stamatis (2003), defende que a escala mais utilizada e altamente recomendada é a de 1 a 10, pois permite maior facilidade de interpretação, precisão e diferenciação nos valores de risco. Por esse motivo, os valores de Severidade, Ocorrência e Detecção foram atribuídos com base nessa gradação.

Sendo assim, a avaliação da severidade graduou como 1 o efeito mínimo sobre o cliente e 10 um grave impacto sobre o cliente, como exemplificado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Exemplo de classificação de severidade (Adaptado de: Fogliatto e Ribeiro, 2009).

Severidade do efeito do modo de falha		S
Mínima	Mínimo efeito no desempenho, provavelmente não será percebido pelo cliente.	1
		2
Baixa	Provoca leve insatisfação, com apenas leve queda de desempenho.	3
		4
Moderada	Provoca insatisfação devido à perda de desempenho ou mau funcionamento.	5
		6
Alta	Provoca alta insatisfação do cliente.	7
		8
Muito Alta	Compromete segurança da operação ou envolve infração a regulamentos.	9
		10

Para avaliação da ocorrência das falhas, 1 seria a mínima frequência de ocorrência e 10 uma falha praticamente inevitável, como demonstra a Tabela 2.

**Tabela 2** - Exemplo de classificação da ocorrência (Adaptado de: Silva et al., 2006).

Ocorrência do modo de falha		O
Remota	(1 em 1500000)	1
Muito Baixa	(1 em 15000)	2
	(1 em 5000)	3
Baixa	(1 em 2000)	4
	(1 em 400)	5
Moderada	(1 em 80)	6
	(1 em 20)	7

Alta	(1 em 8)	8
	(1 em 3)	9
Muito Alta	(1 em 2)	10

Para o valor da detecção, 1 seria um modo de falha que quase certamente seria detectado a tempo, enquanto 10 representa que não há controle para detectar o problema. A descrição da detecção é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** - Exemplo de classificação da escala de detecção (Adaptado de: Fogliatto e Ribeiro, 2009).

Detecção pelo meio de controle		D
Muito Alta	Praticamente certo que o modo de falha será detectado	1
		2
Alta	Alta probabilidade de o modo de falha ser detectado	3
		4
Moderada	O modo de falha pode ser detectado	5
		6
Baixa	Baixa probabilidade de detectar o modo de falha	7
		8
Muito Baixa	Provavelmente o modo de falha não será detectado	9
		10

Na sexta etapa foi calculado o risco para cada um dos modos de falha. Como o Risco é o produto dos três índices, seu valor máximo pode chegar a 1000. Fernandes (2005) esclarece que 1 seria um baixíssimo risco ao cliente e 1000 um risco supercrítico. Dessa forma, a ordem de prioridade para a execução de ações visando mitigar os modos de falha deve acompanhar o Risco, de maneira decrescente. Estas ações buscam reduzir o Risco de cada item através da atenuação da severidade, ocorrência ou detecção.

A sétima e última etapa consistiu no detalhamento das ações recomendadas e os efeitos sobre o processo. Por fim, todo o estudo foi registrado a fim de possibilitar que as empresas utilizem o FMEA elaborado neste trabalho na revisão de seus processos produtivos, visando minimizar a ocorrência de falhas e acidentes do trabalho, bem com alcançar novas metas de qualidade de produção.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### FMEA para Elementos Estruturais de Concreto Pré-fabricado

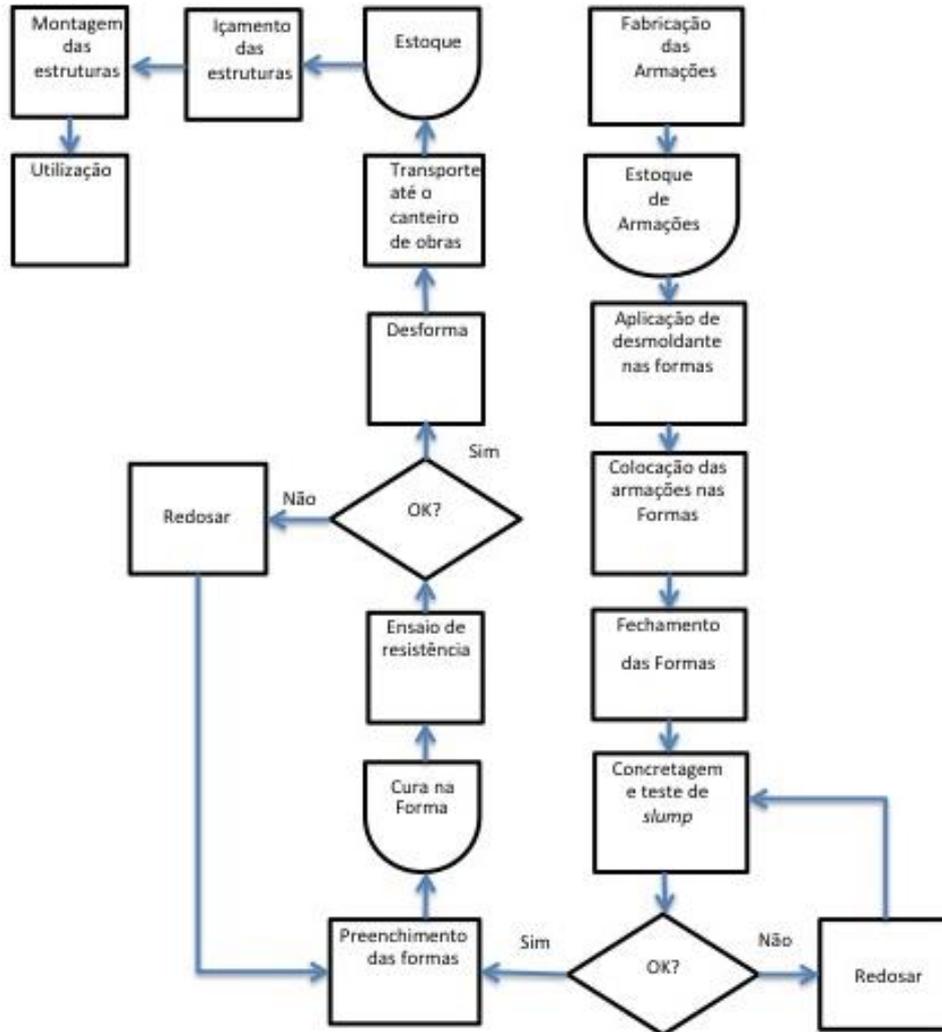
#### Escopo:

- Processos: Fabricação, Transporte, Execução e Utilização de elementos estruturais de concreto pré-fabricado.
- Fronteiras do estudo: Fabricação das armações à utilização das estruturas de concreto pré-fabricado.
- Equipe FMEA: Engenheiros de produção, especialistas em qualidade, equipe de transporte, equipe de montagem e operação.
- Setores envolvidos: Setor de controle de qualidade, setor de produção, setor de logística,

canteiro de obras.

- Clientes: Empreiteiras e construtoras em geral.

### Fluxograma dos processos:



**Figura 1** - Fluxograma dos processos de fabricação, transporte, execução e utilização de elementos de concreto pré-fabricado (Elaborado pelo autor).

### Tabela FMEA:

**Tabela 4** - Planilha FMEA para estruturas de concreto pré-fabricado (Elaborado pelo autor).

Etapa do Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	Risco (R) = S×O×D	Ações Recomendadas
Fabricação	Aço de reforço faltando	Redução da resistência estrutural	Erro do armador	7	4	8	224	Fixação de lista de verificação e marcação do aço no gabarito da fôrma

Fabricação	Insuficiência ou mau posicionamento de espaçadores plásticos	Exposição do aço	Erro do armador	5	8	3	120	Padronização e marcação no gabarito de locais a serem fixados os espaçadores
Fabricação	Defeitos de cura do concreto	Redução da resistência à compressão do elemento estrutural	Mistura inadequada, tempo de cura insuficiente, exposição atmosférica	9	4	3	108	Implementar controle de qualidade rigoroso na cura e mistura
Fabricação	Erros de dimensionamento	Incompatibilidade com projeto estrutural	Falha na leitura de projeto	7	3	4	84	Realizar revisão sistemática dos projetos
Transporte	Danos durante o transporte	Deformações e fissuras nos elementos	Falta de proteção contra choques mecânicos	9	3	2	54	Capacitar a equipe sobre manuseio e embalagem
Transporte	Atraso na entrega	Impacto no cronograma da obra	Condições climáticas, tráfego intenso	4	5	4	80	Estabelecer um planejamento logístico rigoroso
Execução	Falha na fixação de ganchos	Queda do elemento durante o içamento	Instalação incorreta de ganchos	10	2	5	100	Treinamento de equipe e uso de dispositivos de segurança
Execução	Excesso de carga	Fissuras ou quebra do elemento durante o içamento	Uso inadequado de equipamentos	9	4	3	108	Verificação de capacidade de carga dos equipamentos de elevação e do peso próprio das estruturas
Execução	Falta de alinhamento na montagem	Comprometimento da estrutura final	Falta de treinamento da equipe de montagem	7	4	3	84	Treinamento da equipe e uso de ferramentas de alinhamento
Execução	Erros de fixação dos elementos	Instabilidade na estrutura	Falta de controle de qualidade	9	2	4	72	Inspeções durante a montagem
Utilização	Fadiga e desgaste	Redução da vida útil da estrutura	Cargas excessivas ou condições ambientais adversas	8	3	4	96	Monitoramento contínuo e manutenção preventiva
Utilização	Falhas na manutenção	Risco de colapso estrutural	Falta de planejamento de manutenção	10	2	3	60	Estabelecer um plano de manutenção regular

### Análise dos dados:

**Fabricação:** Os modos de falha críticos incluem defeitos de cura e erros de dimensionamento, que podem ser mitigados com um controle de qualidade rigoroso e revisão de projetos, conforme sugerido na literatura (Bertolini et al., 2012; Jardim et al., 2020).

**Transporte:** Os principais riscos são danos físicos aos elementos e atrasos na entrega. O treinamento

em manuseio e um planejamento logístico eficaz são fundamentais para reduzir esses riscos (Mota et al., 2018; Silva, 2021).

**Execução:** O içamento apresenta riscos significativos, como falha na fixação e excesso de carga, que podem resultar na queda e destruição das estruturas. Medidas como treinamento adequado da mão de obra e verificação de equipamentos são essenciais para garantir a segurança neste estágio (Couto et al., 2019; Melo, 2017). Falta de alinhamento e erros de fixação podem comprometer a estrutura na fase de montagem. Treinamentos e inspeções regulares são necessários para assegurar a qualidade nesse processo (Pereira, 2020; Lima, 2018).

**Utilização:** A fadiga e a falta de manutenção são riscos que podem comprometer a vida útil das estruturas de concreto pré-fabricado. O monitoramento contínuo e um plano de manutenção preventiva são essenciais para garantir a segurança e a funcionalidade dos elementos estruturais (Gonçalves, 2019; Santos et al., 2021).

A partir dos resultados, identificou-se que os principais modos de falha associados às estruturas de concreto pré-fabricado para os estágios analisados, são aqueles com índice de risco igual ou superior a 100. De acordo com a Tabela 4, temos, por ordem decrescente de risco:

- Aço de reforço faltando durante a montagem das formas;
- Insuficiência ou mau posicionamento de espaçadores plásticos durante a montagem das formas;
- Defeitos de cura do concreto no estágio de fabricação;
- Excesso de carga durante o içamento das estruturas;
- Falha na fixação de ganchos durante o içamento da estruturas.

Dessa forma, as seguintes ações para a prevenção dos riscos associados a esses modos de falha devem ser priorizadas:

1. Fixação de lista de verificação e marcação do aço no gabarito da fôrma;
2. Padronização e marcação no gabarito de locais a serem fixados os espaçadores;
3. Implementar controle de qualidade rigoroso na cura e mistura;
4. Verificação da capacidade de carga dos equipamentos de elevação e do peso próprio das estruturas;
5. Treinamento de equipe e uso de dispositivos de segurança.

Essa priorização é de suma importância, pois permite que os profissionais de segurança do trabalho concentrem seus esforços e recursos nas áreas que apresentam os maiores riscos, otimizando a eficácia das intervenções e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro.

## **6. CONCLUSÃO**

A FMEA realizada neste trabalho permitiu a identificação de modos de falha críticos e suas consequências, relacionadas aos processos de fabricação, transporte, execução e utilização de elementos estruturais de concreto pré-fabricado. A implementação das ações recomendadas pode ajudar a reduzir a severidade e a probabilidade de ocorrência, bem como melhorar a detecção das falhas, resultando em processos mais seguros e eficientes.

A documentação da FMEA realizada neste trabalho pode auxiliar as organizações na tomada de decisão quanto aos riscos a serem supervisionados em relação às estruturas de concreto pré-fabricado, bem como ações preventivas e corretivas a serem adotadas nas fábricas, transportadoras e canteiro de obras.

Ressalta-se que a integração da FMEA nas práticas de segurança da construção civil não só reduz a probabilidade de acidentes, mas também promove uma cultura de responsabilidade e a conscientização entre os colaboradores, na medida em que aumenta o grau de envolvimento dos profissionais nas atividades de identificação de riscos e proposição de melhorias nos processos. Neste sentido, a FMEA se apresenta como uma abordagem eficaz para garantir construções mais

seguras e sustentáveis, melhorando a qualidade dos projetos e a proteção dos trabalhadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2024.
- ABNT NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2017.
- Amit, R. & Schoemaker, P. J. H. Strategic Assets and Organizational Rent. *Strategic Management Journal*, v.14(1), p.33-46, 1993.
- Bertolini, L., et al. Durabilidade do Concreto: Teoria e Prática. São Paulo: Editora Blucher, 2012.
- Couto, A. R., et al. Análise de Risco no Içamento de Estruturas Pré-moldadas. *Revista Brasileira de Engenharia e Construção*, v.14(2), p.120-135, 2019.
- Fernandes, José Márcio Ramos. Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA. 2005. Dissertação de Mestrado para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2005.
- Fogliatto, Flávio Sanson; Ribeiro, José Luís Duarte. Confiabilidade e manutenção industrial. 1ed; São Paulo: Elsevier, 2009.
- Freitas, M. A. et al. Durabilidade do Concreto Pré-Fabricado: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Construção Sustentável*, v. 3, n. 2, p. 25-34, 2018
- Gonçalves, M. Monitoramento Estrutural e Manutenção de Concreto Pré-moldado. *Revista de Materiais de Construção*, v.11(4), p.200-210, 2019.
- Harris, C. M. Failure Mode Effects Analysis: FMEA - A Practical Approach to Risk Assessment. Quality Press. 2009.
- ISO 31000: International Organization for Standardization. Risk management – Principles and guidelines.
- Jardim, C. A., et al. Importância da Revisão de Projetos em Obras de Concreto Pré-moldado. *Anais do Congresso Brasileiro de Estruturas*, v.3(1), p.55-60, 2020.
- Kauark, F.S., Manhães, F.C., Medeiros, C.H. Metodologia da Pesquisa: Um guia prático. Editora Via Litterarum. Itabuna, Bahia, 2010.
- Lima, J. P. A Importância das Inspeções de Qualidade na Montagem de Estruturas. *Revista de Construção Civil*, v.12(3), p.80-90, 2018.
- Melo, T. R. Segurança em Operações de Içamento: Práticas e Procedimentos. *Jornal de Engenharia Civil*, v.9(2), p.45-56, 2017.
- Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora. NR-18: Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção. Brasília, 2020.
- Mota, C. R., et al. Manuseio e Transporte de Concreto Pré-moldado: Diretrizes de Segurança. *Revista Brasileira de Materiais*, v.10(4), p.200-210, 2018.
- Pereira, R. Treinamento de Equipes em Montagem de Estruturas Pré-moldadas. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.11(1), p.15-30, 2020.
- Santos, L. R., et al. Planejamento de Manutenção em Estruturas de Concreto. *Revista de Gestão da Construção*, v.8(3), p.100-115, 2021.
- Silva, F. L. Logística e Transporte na Construção Civil. *Revista de Gestão da Construção*, v.8(3), p.100-115, 2021.
- Silva, Sónia Raposo Costa e; Fonseca, Manuel; Brito Jorge de. In: Encontro Nacional sobre Qualidade e inovação na construção. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006, Lisboa. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios. Lisboa, 2006.
- Stamatis, Dean H. Failure Mode and Effect Analysis. 2ed; Milwaukee; ASQC Quality Press, 2003.