

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA SILVA DE ARAÚJO

**ANÁLISE DE FALHAS, NA FASE DE PROJETO, QUE PODEM
COMPROMETER A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM
ESTUDO DE CASO, EM UMA EMPRESA JÚNIOR, UTILIZANDO
FMEA**

CAMPO MOURÃO

2019

CAMILA SILVA DE ARAÚJO

**ANÁLISE DE FALHAS, NA FASE DE PROJETO, QUE PODEM
COMPROMETER A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM
ESTUDO DE CASO, EM UMA EMPRESA JÚNIOR, UTILIZANDO
FMEA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Profa. Dra. Tanatiana F. Guelbert

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE DE FALHAS, NA FASE DE PROJETO, QUE PODEM COMPROMETER A
QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO, EM UMA EMPRESA
JÚNIOR, UTILIZANDO FMEA**

por

Camila Silva de Araújo

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h30min do dia 17 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Guelbert
(UTFPR)

Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta
(UTFPR)

Prof. Dr(a). Tanatiana Ferreira Guelbert
(UTFPR)
Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Pensar em como foi minha vida durante esses anos, me faz refletir o quanto tudo que aconteceu foi essencial para o meu crescimento. Quando penso em desanimar, lembro do que eu pedia antes de entrar na faculdade. Por isso, queria primeiro agradecer a Deus, que vem escutando meus pedidos incessantes, principalmente nos últimos anos. Só Ele sabe as noites mal dormidas, o nervosismo de cada prova, o desespero em ter que aprender uma matéria. Acredito muito que tudo que vem acontecendo na minha vida, chega no momento certo e porque Ele me faz entender o que é melhor.

Agradeço também aos meus pais, Cida e João Paulo, que sempre me apoiaram, mesmo que em silêncio, em tudo que fiz e nunca mediram nenhum esforço para que eu conseguisse realizar meus sonhos. Aos meus pais devo tudo o que tenho na vida, e sem eles nada disso seria possível, e espero que em algum dia eu possa retribuir tudo o que fazem por mim.

À minha orientadora, professora Tanatiana, que nunca mediu esforços para esclarecer minhas dúvidas e sempre se mostrou disposta a me ajudar conseguir achar o melhor do que eu poderia oferecer na apresentação do meu trabalho.

Agradeço ao CAEC e a Pórticos pela experiência vivida. Entidades com propósitos diferentes, mas que me completaram de tal maneira, que não consigo pensar em como seria minha vida acadêmica sem ter participado dessas organizações. Nos momentos mais difíceis da faculdade trabalhar por elas me dava força para seguir.

À minha amiga parceira Bia, que sempre me escutou e me aconselhou em qualquer momento que eu precisei, e que me ajudou muito na elaboração deste trabalho.

A todos os amigos que fiz, em especial Thamy, Mariana, Monique, Priscila, Shirley e Vitória. No qual estiveram presentes nos ótimos e péssimos momentos, que me apoiaram e me deram bronca nas ocasiões em que precisei.

Agradeço, a todos que estão à minha volta que de alguma forma contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional, a vocês meu muito obrigada!

RESUMO

ARAÚJO, C. S. Análise de falhas, na fase de projeto, que podem comprometer a qualidade na construção civil: um estudo de caso, em uma empresa júnior, utilizando FMEA. 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

A construção civil no Brasil, está entre os setores que mais apresenta dificuldades quando pretende-se conectar projeto e execução aliados ao desempenho, produtividade e qualidade. Diante deste cenário, a pesquisa em questão apresenta um estudo de caso em uma Empresa Júnior, composta por acadêmicos de Engenharia Civil, por meio do FMEA adaptado às condições necessárias para a área da Construção Civil, a análise de falhas que ocorrem na fase de projeto e que podem comprometer a qualidade na execução da obra. Como resultado da investigação, o estudo apresenta as possíveis causas das falhas diagnosticadas, propondo medidas de controle para a solução da inconsistência do projeto, bem como evidencia quais falhas tem prioridade na busca de soluções.

Palavras-chave: FMEA. Análise de falhas. Qualidade. Construção Civil. Empresa Júnior.

ABSTRACT

ARAÚJO, C. S. Failure analysis that can compromise quality in construction: a case study, in the design phase, in a junior company, using FMEA. 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

Civil construction in Brazil is among the sectors that presents the most difficulties when it is intended to connect project and execution together with performance, productivity and quality. Given this scenario, the research in question presents a case study in a Junior Company, composed of Civil Engineering academics, through the FMEA adapted to the conditions necessary for the Civil Construction area, the analysis of failures that occur in the design phase and which may compromise quality in the execution of the work. As a result of the investigation, the study presents the possible causes of the faults diagnosed, proposing control measures for the solution of the project inconsistency, as well as highlights which failures have priority in the search for solutions.

Keywords: FMEA. Failure analysis. Quality. Construction. Junior company.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de tabela para hierarquia do NPR ou RPN	20
Figura 2 – Exemplo de Formulário para análise FMEA	21
Figura 3 – 7 Perdas do Sistema Toyota de Produção	30
Figura 4 – Metas da Brasil Júnior para 2019	32
Figura 5 – Formulário para análise FMEA de Processo	34
Figura 6 – Porcentagem de projetos que apresentaram a falha	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios para avaliação do índice de Ocorrência	18
Tabela 2 – Critérios para avaliação do índice de Severidade/Gravidade	18
Tabela 3 – Critérios para de avaliação do índice de Detecção	19
Tabela 4 – Parâmetros de avaliação da ocorrência da falha	37
Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo	39
Tabela 6 – Cálculo do NPR de cada falha encontrada no FMEA de processo	48

LISTA DE SIGLAS

FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
EJ	Empresa Júnior
ISO	International Organization for Standardization
MEJ	Movimento Empresa Júnior
NPR	Número de Prioridade de Risco
STP	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
4.1 FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas	16
4.1.1 Conceito	16
4.1.2 Aplicação do FMEA.....	21
4.2 Importância dos projetos na construção civil	22
4.2.1 Falhas na execução oriundas do projeto.....	23
4.3 Importância do planejamento na construção civil	24
4.4 Compatibilização entre projeto, planejamento e obra	26
4.5 FMEA como aliada na integração entre projeto, planejamento e obra.....	27
4.6 As 7 perdas do Sistema de Toyota de Produção	28
4.7 Importância das Empresas Juniores para os acadêmicos e a sociedade	30
5 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	33
5.1 Classificação da Pesquisa.....	33
5.2 Instrumentos, técnicas e ferramentas	33
6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DO FMEA DE PROCESSO	59

1 INTRODUÇÃO

A literatura aponta que as empresas brasileiras de Engenharia Civil enfrentam dificuldades para atender níveis elevados de desempenho de suas edificações, deixando a qualidade de suas construções abaixo do que a sociedade brasileira almeja (MELLO; AMORIM, 2009). Pensado nisso se abre caminho, para que existam improvisos na edificação. A princípio estes improvisos, no curto prazo, podem parecer que resolvam os desafios encontrados, mas futuramente as consequências chegam e, por vezes, quem arca com a falta de qualidade são os usuários do imóvel.

Já que a qualidade do projeto e execução pode ser considerada determinante para a satisfação dos usuários do imóvel, iniciar um procedimento de análise onde se consegue minorar os riscos é um caminho para que essa indústria possa servir, um dia, de referência para os demais setores.

Alinhando esse pensamento de minoração de risco, aumento de desempenho e produtividade, as empresas juniores (EJs) ao longo dos anos vêm inovando a maneira de realização de consultorias e projetos dentro das universidades, em prol da sociedade. Neste sentido, as EJs são consideradas um novo elemento de conexão entre o sistema e o meio acadêmico (AVENI; FERREIRA, 2016).

É importante considerar qual é o desempenho que uma edificação deve ter, dando importância para saber o nível de patologias que são aceitáveis no imóvel e quais manutenções ainda mantém o imóvel dentro do padrão de qualidade (BORGES, 2008).

Em vista disso, a ferramenta da qualidade FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma metodologia que resulta na apresentação e eliminação de potenciais fragilidades de determinado processo, ou seja, as variantes que podem causar defeitos durante sua elaboração (DUDEK-BURLIKOWSKA, 2017).

A implementação do FMEA na construção civil, viabiliza o conhecimento das falhas e riscos que podem reduzir a qualidade da obra. E em contrapartida a análise permite que os potenciais riscos possam ser detectados e as falhas possam ser atenuadas ou ainda solucionadas. Dessa maneira, o objetivo desta pesquisa é diagnosticar, por meio do FMEA, os potenciais erros que podem ocorrer durante a construção de uma edificação, identificados na fase de elaboração do projeto, visando garantir a qualidade da execução de um projeto de Engenharia Civil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Com foco na gestão de riscos ligados à relação projeto versus execução, a pesquisa objetiva identificar as variáveis que podem afetar a qualidade em obras da construção civil, projetadas pela empresa júnior objeto deste estudo, por meio da ferramenta FMEA. Os projetos obtidos pela empresa júnior, são todos os projetos arquitetônicos que foram entregues aos respectivos clientes.

2.2 Objetivos Específicos

Tendo em vista que o método FMEA visa eliminar potenciais fragilidades, que afetam a execução de obras na construção civil nesse caso em específico, as fragilidades de projetos arquitetônicos realizados por uma empresa júnior, ressaltam-se os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar os projetos, elaborados pela empresa júnior, que passarão pela análise de potenciais falhas;
- Identificar e avaliar as principais falhas nos projetos, elaborados pela empresa júnior, que podem resultar em erros na execução da obra;
- Classificar as falhas, encontradas nos projetos analisados, de acordo com a abordagem FMEA;
- Estabelecer diretrizes para eliminar ou minimizar as falhas identificadas por meio do FMEA;
- Propor soluções para que as falhas, quando ocorrerem, não possuam tanta influência na qualidade final da construção.

3 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil no Brasil apresenta processos com elevado número de erros e ainda é executado de forma convencional, considerada ultrapassada por uma linha de pensamento que atua em propostas contemporâneas. A constatação dessa realidade se deve ao fato do lento desenvolvimento tecnológico, baixa produtividade e baixa qualidade no produto entregue, gerando desperdício e aumento de custos (PERALTA, 2012).

Segundo o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, 56% das obras do programa Minha Casa Minha Vida foram entregues apresentando falhas de construção em 2018, entre os problemas estavam vazamentos, rachaduras e as vezes falta de saneamento. A Lei 11.977 determina que os imóveis sejam construídos em locais que possuem infraestrutura, equipamentos de saúde e saneamento básico, entretanto há evidências de descumprimento das determinações legais (CAU, 2019).

Pensando nesse cenário, para esta pesquisa em específico, justifica-se adaptar a ferramenta da qualidade FMEA, aplicada na Engenharia de Produção que visa detectar as principais falhas inerentes a um processo, à realidade da construção civil para propor soluções que reduzam as potenciais falhas durante a fase de elaboração do projeto, objetivando elevar os níveis de qualidade na etapa de execução da obra.

O FMEA considera possíveis causas e efeitos da falha do produto em um processo. Ao contrário de outras metodologias de avaliação de risco, o FMEA pode avaliar a criticidade de um risco potencial. Tendo implicações expressivas para o gerenciamento da inovação dentro da construção de projetos. Ao identificar a "prioridade de risco" de uma restrição, o *stakeholder*¹ pode adaptar a estratégia apropriada para gerenciar a inovação (MURPHY; HEANEY; PERERA, 2011).

Vanni (1999) em sua dissertação de mestrado menciona que a priorização de falhas potenciais é um caminho eficiente de padronização, e o FMEA serve de ponte entre projeto e execução com ganhos na qualidade e produtividade.

O FMEA de Processo possui potencial para identificar os modos de falhas, possibilitando o acompanhamento e identificação das medidas para correção antes

¹ Público estratégico que possui interesse seja no projeto, serviço ou produto, podendo ter ou não investir no objeto em questão.

da execução do projeto. “O objetivo e finalidade do FMEA de processo é definir, demonstrar e maximizar soluções de engenharia face à qualidade, segurança, sustentabilidade, custo e produtividade, explicitados pelo FMEA de projeto e cliente” (CRUZ, 2012).

A pesquisa realizada teve como objeto de estudo, projetos provenientes de uma Empresa Júnior, cuja proposta vem ao encontro do que compete os objetivos de uma EJ, como diz a Lei nº 13.267, de 06 de abril de 2016, em que por meio de projetos desenvolvidos pelos alunos na empresa júnior, esta busca aproximar o ensino superior à realidade do mercado, exercendo a futura profissão e aguçando o espírito empreendedor, crítico e analítico (MEC,2016).

Neste sentido, a importância do estudo se justifica na medida em que pode contribuir para o aprimoramento dos processos, relacionados à elaboração dos projetos realizados pela EJ em estudo, vislumbrando a qualidade, eficiência e produtividade na próxima etapa, ou seja, a execução das obras. Como resultado, espera-se que a compatibilidade entre projeto e execução chegue a altos níveis, bem como, que os resultados desta pesquisa possam ser replicados para outras EJs ligada à área da Construção Civil e correlatas.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas

4.1.1 Conceito

Historicamente o FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas) é uma técnica desenvolvida para encontrar confiabilidade nos programas aeroespaciais da NASA (VANNI, 1999).

A *Failure Mode and Effect Analysis*, é uma ferramenta estruturada que se aplica ao desenvolvimento de um produto, projeto, processo ou serviço. Cerqueira (2011, p.03) relata que a ferramenta da qualidade FMEA “é um método onde se procura prevenir, diminuir ou impedir que ocorram erros no projeto do produto”. Ou seja, ele identifica as causas raízes dos possíveis problemas que podem ocorrer nos processos de desenvolvimento do produto, e no presente trabalho, o produto que será analisado é o desenvolvimento de uma edificação, desde sua concepção no projeto até a realização da obra. Por ser um método lógico e progressivo de análise de falhas, tem grande relevância quando se trata de ação preventiva.

É importante definir alguns dos termos mais empregados no FMEA (SILVEIRA, 2012; HALMAN; ANDERY, 1995):

- Falha: Perda de função quando ela é necessária;
- Modo de falha: verificação da falha. É a maneira na qual um elemento não atende às especificações do projeto;
- Efeito da falha: consequência do dano, estas devem ser identificadas e armazenadas para um estudo mais pormenorizado para que possa ser avaliada sua origem.

Existem ainda alguns outros termos que são mencionados no desenvolvimento do FMEA (STAMATIS, 2003):

- Atividades: atividades e/ou etapas que serão avaliadas dentro do processo de desenvolvimento do produto;
- Tarefas: são as tarefas relacionadas a cada atividade onde há o risco ou pode haver a possível falha.

Pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações (GUIMARÃES, 2014):

- Para atenuar a possibilidade de casos de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- Para diminuir a probabilidade de falhas potenciais em produtos/processos já em execução;
- Para o aumento da credibilidade de produtos ou processos já em execução por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- Para suavizar os riscos de erros e aumentar a qualidade em métodos administrativos.

Com base nas situações em que o FMEA pode ser aplicado, consideram-se quatro tipos de análises (CRUZ, 2012):

- FMEA de Sistema: possui foco em avaliar os sistemas e subsistemas na fase inicial do projeto. Destacando as deficiências quando os sistemas do projeto se interagem;
- FMEA de Projeto: analisa os produtos antes da produção, focando nas falhas do projeto;
- FMEA de Processo: apura sobre as falhas na utilização de processo e montagem;
- FMEA de Serviço: prioriza a análise do serviço antes de chegar ao consumidor. Com foco nas deficiências provocadas nos processos ou no sistema.

Em seu artigo, Cerqueira (2011) cita que existem passos para a condução da análise utilizando o FMEA. Helman e Andery (1995) afirmam que é preciso definir a equipe responsável pela aplicação do método, determinação de itens que serão considerados, preparação para a coleta de dados e análise preliminar dos itens a serem considerados para a avaliação. Já Fernandes e Rebelato (2006) descrevem outras etapas: indicação dos modos de falhas conhecidos, identificação dos efeitos e o nível de risco, identificação das causas e probabilidades de ocorrências, identificação das causas e probabilidades de detecção e avaliação do potencial risco com as medidas mitigadoras.

Com base na condução para a implantação do FMEA, Vanni (1999) descreve que a equipe responsável pela aplicação deve ter uma visão global do projeto,

sendo interessante uma equipe multidisciplinar para dar vertentes às discussões. Vanni (1999 *apud* HELMAN; ANDERY; 1995) expõe que a coleta de dados tem total importância para que a ferramenta seja desenvolvida com sucesso. Ainda pensando na equipe de trabalho, é crucial que eles saibam o principal objetivo do seu trabalho, os responsáveis devem ter ciência que devem pensar o que poderia dar errado no projeto que tem em mãos, o que é diferente de pensar em como se pode fazer para dar certo. Já que o princípio do FMEA é saber os riscos e, em um momento posterior, analisar o que se pode melhorar.

Outra análise relatada por Cerqueira (2011) é que existem os índices de ocorrência, severidade e detecção. Em cima desses três índices é possível avaliar, qual possível falha tem prioridade para se resolver:

- O índice de ocorrência (Tabela 1) corresponde ao número estimado das falhas. “A ocorrência pode ser reduzida mediante melhorias nas especificações de engenharia e/ou nos requerimentos do processo com a intenção de prevenir as causas e reduzir suas frequências” (GUIMARÃES, 2014). Miguéis (2010, p.50) diz ainda que “deve-se basear no conhecimento dos dados estatísticos relativos a acidentes ocorridos”.

Tabela 1 – Critérios para avaliação do índice de Ocorrência

Índice	Probabilidade de ocorrência	Ocorrência
1	Muito remota	Excepcional
2	Muito pequena	Muito poucas vezes
3	Pequena	Poucas vezes
4-5-6	Moderada	Ocasionalmente, algumas vezes
7-8	Alta	Frequente
9-10	Muito alta	Inevitável, certamente ocorrerá a falha

Fonte: GUIMARÃES (2014)

- A severidade (Tabela 2) apresenta o quão sério é o nível do risco, quanto mais crítico maior é o índice. “O índice de severidade só pode ser alterado mediante uma mudança no projeto” (GUIMARÃES, 2014, p.11).

Tabela 2 – Critérios para avaliação do índice de Severidade/Gravidade

(continua)

Índice	Probabilidade de severidade
1	Neste caso, raramente a falha é percebida pelo cliente, e na maioria das vezes, não causa prejuízo no sistema.

Tabela 2 – Critérios para avaliação do índice de Severidade/Gravidade

(conclusão)

Índice	Probabilidade de severidade
2-3	Provoca uma redução no desempenho do produto de forma gradual, não afetando muito a insatisfação do cliente.
4-6	A gravidade desta falha provoca uma insatisfação ao cliente e ao operador do sistema, seu efeito provoca redução de produtividade e lentamente poderá acarretar no desempenho da função do produto.
7-8	Neste caso, o produto não desempenha sua função causando baixa eficiência e baixa produtividade. A falha é percebida pelo cliente logo que este adquire o produto. Mais de 50 a 70% das vezes não se consegue manter a produção e se requer grande esforço do operador.
9-10	Ocorrem problemas graves nesta etapa podendo causar danos aos clientes e perda total do produto e até mesmo do sistema. Este índice acarreta a insatisfação e até mesmo a perda de preferência do cliente pelo produto

Fonte: VANNI (1999)

- A detecção (Tabela 3) verifica a capacidade de controle de riscos. “Para identificar um índice de detecção deve-se estimar a habilidade para cada um dos controles atuais para detectar a falha antes que ela alcance o cliente” (GUIMARÃES, 2014, p.12).

Tabela 3 – Critérios para de avaliação do índice de Detecção

Índice	Probabilidade de detecção
1	Muito alta a probabilidade de detecção.
2-3	Alta probabilidade de detecção. Em processos e ações corretivas são tomadas em pelo menos 90% das vezes em que os parâmetros saem fora de controle.
4-6	Moderada probabilidade de detecção. É adotada uma ação corretiva em apenas 50% das vezes em que o processo sai de controle.
7-8	Pequena probabilidade de detecção; 90% dos produtos podem estar fora das especificações do projeto gerando um nível de controle muito baixo.
9	Muito pequena probabilidade de detecção. Não existe nenhum tipo de controle ou inspeção.
10	Muito remota a probabilidade de detecção. Raramente a falha será detectada

Fonte: VANNI (1999)

Com base nos três índices calcula-se o “Número de Prioridade de Risco (NPR)” ou “*Risk Priority Number (RPN)*” que é a multiplicação dos valores encontrados, fornecendo a prioridade de resolver a dificuldade. O valor encontrado do NPR só deve ser considerado para classificar a prioridade e preocupações do produto que está sendo analisado, quanto maior o número encontrado maior será a prioridade para encontrar soluções (CERQUEIRA, 2011).

Quando o NPR atinge um valor igual ou superior 50, quando baseado na confiança de 95% dos dados e numa escala de 0 a 10, é necessário procurar falhas/problemas. Lembrando que os riscos devem ser resolvidos por ordem decrescente (Figura 1). Com o NPR calculado e posicionado por ordem decrescente se faz a avaliação de prioridades dos riscos, com base em intervalos de valores do NPR (CRUZ, 2012):

- Risco menor ou secundário – não requer nenhuma intervenção;
- Risco moderado – requer alguma atenção;
- Risco elevado – requer uma intervenção;
- Risco crítico/elevado – requer uma intervenção, sendo necessárias alterações profundas ao sistema, projeto, produto, processo e/ou serviço.

Figura 1 – Exemplo de tabela para hierarquia do NPR ou RPN

Definição do Grau de Risco/Criticidade		Grau de urgência das medidas
RPN < 50	Menor/Secundário	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{RPN} < 125$	Moderado	Devem ser tomadas medidas logo que possível
$125 \leq \text{RPN} < 200$	Elevado	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{RPN} \geq 200$	Crítico	Requer acção imediata para se eliminarem as causas

Fonte: CRUZ (2012)

Caso existam falhas com o mesmo número de NPR, Cruz (2012) explica que a prioridade para encontrar a solução é definida pelo nível de severidade, que já tinha sido estabelecido anteriormente.

Com os índices analisados e o NPR calculado avalia-se quais ações preventivas devem ser adotadas e quais serão recomendadas. As ações recomendadas são para estabelecimento de contramedidas para falhas com alto grau de criticidade, mas não necessariamente devem ser aplicadas. As ações adotadas são aquelas que serão aplicadas com base no seu custo e facilidade de implementação (VANNI, 1999).

4.1.2 Aplicação do FMEA

Com a equipe de trabalho definida, o tema de análise escolhido e com entendimento dos conceitos principais da ferramenta, inicia-se uma sistemática para a abordagem do FMEA (CRUZ, 2012):

1. Diagrama de bloco de funções e/ou fluxograma de processos: é necessário que toda a equipe esteja em sintonia compreendendo todo o sistema para se iniciar a análise;
2. Priorizar: com todas as informações do sistema assimiladas pela equipe, é necessário avaliar por onde se deve começar o trabalho;
3. Recolha de dados: nesta etapa a equipe deve começar a preencher o formulário do FMEA, identificando os riscos e falhas (Figura 2);
4. Análise: com base nos dados revelados pelo preenchimento do formulário, iniciar o controle para a estimativa dos índices de ocorrência, severidade e detecção;
5. Resultados: com os dados contabilizados inicia-se a quantificação dos índices para se chegar a um valor de NPR;
6. Confirmar/avaliar/medir: com resultados registrados fazer uma reflexão se a situação encontrada é pior, melhor ou igual a anterior;
7. Repetir: como o objetivo do FMEA é em curto prazo minimizar e a longo acabar com riscos e falhas, é interessante que a avaliação do sistema seja contínua.

Figura 2 – Exemplo de Formulário para análise FMEA

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL								
Nº. FMEA: 122		Data de Início: 27-08-2012		Responsável: Cristiano				
Área: Resfriamento de Cubas		Revisão: 01		Preparado por: João			Telefone: (15) 3021-6257	
Sistema: Bombeamento		Equipe: João, Felipe, Pedro						
Nome do Componente	Função do componente	Modo(s) de falha	Efeito(s) Potencial(is) de Falha(s)	OCORR (tab1) (O)	SEVER (tab2) (S)	DETEC (tab3) (D)	RISCO (RPN) (O)*(S)*(D)	Ação Corretiva Recomendada
M212 - Motor Elétrico	Bombear água para a caixa d'água central	Estator - Falha de isolamento	Perda de Fluxo	1	3	5	15	
		Estator - Enrolamento danificado	Perda de Fluxo	4	4	6	96	Realizar inspeção mensalmente no estator
		Estator - Rotor Queimado	Perda de Fluxo	4	4	5	80	Realizar termografia mensalmente
		Estator - Vibração Excessiva	Perda de Fluxo	5	6	5	150	Realizar análise de vibração mensalmente
		Estator - Rolamento Travado	Perda de Fluxo	5	6	6	180	Realizar inspeção semanal no rolamento

Fonte: SILVEIRA (2012)

Guimarães (2014) afirma ainda que a análise do FMEA é mais do que preencher um formulário, a principal ideia é que se faça uma discussão e reflexão sobre as potenciais falhas e como se podem minimizar ou ainda acabar com os riscos.

Como resultado, o FMEA impacta diretamente no retorno financeiro da empresa que reduz ou elimina falhas e desenvolve ações e procedimentos para lidar com os riscos. Observando a visão dos funcionários da empresa, como o FMEA é uma metodologia que estimula o trabalho em equipe, ela permite que os envolvidos se sintam motivados para colaborar com o resultado da ferramenta e melhora o comprometimento das pessoas, que, juntas podem desenvolver uma atividade que beneficiará a organização e a si mesmas (SILVEIRA, 2012). Além de que o processo produtivo passa a ter maior qualidade, confiabilidade e segurança.

4.2 Importância dos projetos na construção civil

Mayr (2000) em sua dissertação descreve que a obra depende do projeto, e que as duas são etapas intermediárias de um processo que vai desde a identificação de uma necessidade de espaço até a ocupação do mesmo. Ele afirma ainda que “o projeto é o modelo do objeto. A obra é a materialização deste modelo”. Para o autor as inconsistências de solução apresentadas no projeto comprometem a utilização e desempenho do objeto. E por fim as inconsistências levam prejuízos quanto a utilização de recursos, comprometendo a qualidade e produtividade

O projeto tem por objetivo a criação, destinado a buscar soluções que atendam às necessidades seja do sistema, processo ou o próprio consumidor. E Tavares Junior (2001, apud CAMBIAGHI, 1994) assevera que projetar é a antecipação gráfica do que será executado, permitindo simulações de diferentes sistemas construtivos, para então fazer a escolha de qual é a melhor solução que atenda à devida necessidade.

Pensando na importância dos projetos na engenharia civil, se pode observar que eles vêm evoluindo de forma significativa ao longo dos anos. A preocupação com os projetos ganhou maior importância já que é a partir deles que se podem iniciar um posicionamento sobre a qualidade da construção (SILVEIRA, 2012).

Silveira (2012) considera que o planejamento de projeto reflete sobre os custos, velocidade e qualidade do empreendimento. Para Vanni (1999) o destaque é

que muitos se lembram da construção civil pelas condições técnicas precárias no canteiro de obra e falta de técnica dos operários. Mas até em países desenvolvidos isso é apenas uma parte do problema, já que, os maiores desafios estão relacionados aos erros no projeto.

Picchi (1993), em sua tese de doutoramento, declara que o projeto tem grande interferência nos custos, pois nesta fase as possibilidades e alternativas de mudança são muitas.

As incertezas do projeto podem fazer com que a execução precise de adaptações que distanciam o objeto construído das intenções originais, levando ao desacordo da obra em relação ao projeto. Desta forma, as incertezas do projeto podem prejudicar a utilização dos recursos e comprometer o grande empenho tido em melhorar a qualidade e produtividade (MAYR, 2000).

4.2.1 Falhas na execução oriundas do projeto

Parte das falhas na obra tem origem em problemas com o projeto. Muitos desses problemas estão relacionados a falta de memorial descritivo, discriminações técnicas e especificações de materiais; a referência a normas sem especificar seu conteúdo; os erros de cotas, níveis e alturas; a falta de correlação entre discriminações e memoriais e a inexistência de dados sobre como obter componentes pouco habituais (MAYR, 2000).

Tavares Junior (2001, apud ABRANTES, 1995) em sua dissertação relata que a capacidade de satisfazer as exigências para a utilização da construção resulta de três qualidades: planejamento, projeto e execução da obra. O mesmo autor fez um levantamento dos retrabalhos que mais acontecem nas obras, e chegou a conclusão que as falhas eram provindas de:

- Erros de medida no projeto;
- Incompatibilidades entre elementos construtivos;
- Solicitações de modificações realizadas pelo cliente;
- Incompatibilidade entre projetos;
- Erro de leitura de projeto.

Assim, pode-se entender que projetos com qualidade serão sinônimos de solução para vários problemas que ocorrem na execução dos projetos na construção

civil dentre os quais destacam-se as “falhas internas (retrabalhos, sucateamento, etc.), e falhas externas (patologias diversas – infiltrações, fissuras, etc.)” (TAVARES JUNIOR, 2001).

Caso a qualidade dos projetos que vão para a obra não seja considerada alta, as perdas serão significantes, afetando principalmente custos e prazos de execução.

4.3 Importância do planejamento na construção civil

Pode-se explicar planejamento como sendo um conjunto de análises indispensáveis para a tomada de decisões acertada e executar transformações para atingir a etapa final (CHAVES FILHO, 2014).

Coelho (2003 apud FORMOSO, 1991) define planejamento como um processo de tomada de decisões efetivas que buscam atingir as metas se seguindo um controle. O termo controle citado, está ligado ao processo de tomada de decisão como afirma Melles e Wamelink (1993), onde se propõe a correção de problemas, quando estes já aconteceram no processo de produção.

O planejamento é a formalização no presente sobre o que se pretende que aconteça em determinado momento no futuro. Envolve definições sobre o que fazer, isto é, determina as ações necessárias para atingir um determinado objetivo. Controle é um conjunto de ações que visam o direcionamento do planejamento, incluindo atividades que verificam o que efetivamente aconteceu e comparam com o planejado, além de providenciar as mudanças necessárias para o realinhamento do plano (MACHADO, 2003, p.45).

Para Valeriano (1998) o planejamento das atividades de projeto deve elaborar proposições em detalhamentos para corrigir etapas anteriores, ele deve propor um esquema de andamento da execução, sendo esse um esquema aberto a implementações e correções quando necessário.

O planejamento quando focado na visão global da construção, exige fatores a serem considerados como: número de interdependências e extensões da garantia de qualidade (SÁNCHEZ, 2008).

Decidir durante a execução da obra, é incompatível com o planejamento da construção. No limite, é o realizar a obra sem saber o que construir, em quanto tempo e a que custo. Sem planejamento, não há possibilidade de ganhos de produtividade (MAYR, 2000, p.08).

Mayr (2000) assegura ainda que o planejamento existe em função do projeto. Por isso o planejamento é tão importante quanto a execução, e o seu tempo por

vezes se equipara com o tempo de construção, quando se quer excelência no trabalho.

Identificar situações desfavoráveis e que não estão dentro do planejado, ajudam a prevenir e intervir em situação que podem gerar possíveis erros (CHAVES FILHO, 2014). O planejamento bem elaborado evita problemas futuros na execução do projeto, tais como retrabalho, perdas e aumento de custos. Em geral esses problemas ocorrem devido à falta de informações no projeto, mudanças no projeto e dúvidas de quem está responsável pela execução (PERALTA, 2002).

Machado (2003 apud BALLARD, 2000) afirma que existem restrições diferentes para cada fase do planejamento do projeto, sendo elas de diferentes vertentes: contratuais, espaço, mão-de-obra, equipamento, entre outros. Ainda com a mesma linha de raciocínio Ballard (2000) fala que o responsável pelo planejamento deve se preocupar em atender todas as restrições para que a execução ocorra como programado.

Para Peralta (2002) o planejamento do projeto envolve cinco passos, e Coelho (2003) os descreve:

1. Identificar as atividades: escolhas de como serão os processos, desde níveis de hierarquia até os planos de ação;
2. Estimar tempos e recursos: prever um cronograma de quando e como os recursos estarão disponíveis;
3. Identificar as relações e dependências: quais atividades tem predecessores e sucessores;
4. Identificar as limitações da programação: envolve saber quais são os possíveis riscos de cada etapa;
5. Preparar a programação: determinar como cada etapa e processos devem ser executados.

Chaves Filho (2014 apud GOLDMAN, 2005) ainda menciona algumas responsabilidades do setor de planejamento:

- Estudo da viabilidade técnica e econômica;
- Planejamento técnico e econômico do empreendimento;
- Controle técnico e econômico da execução;
- Análise dos resultados da obra.

Ao se programar o planejamento, é importante que todos os agentes do projeto que exercem algum papel ou possuem responsabilidades, tenham

contribuição para o resultado final do planejamento, e logo para a execução do projeto (PERALTA, 2002). É interessante que se adote um grupo multidisciplinar para o planejamento, pois se tem uma visão global da execução e consegue se propor um trabalho que consiga atingir as necessidades dos usuários, mas que também consiga atender as restrições do projeto, execução e as normativas.

4.4 Compatibilização entre projeto, planejamento e obra

Fazer o gerenciamento de um projeto tem como finalidade assegurar a qualidade do projeto em todo o andamento da execução. Garantindo que as orientações sejam seguidas (PERALTA, 2002).

Mayr (2000) em sua dissertação, conta que cada projeto é atribuído a um projetista, existe certa dificuldade em adotar uma estratégia para a prática do projeto, é importante que se analise em como e o que será executado. Esse princípio pode ser adotado quando o projeto, planejamento e obra devem se unir para garantir um bom resultado final da execução. Compatibilizar idealização da obra com os responsáveis de cada etapa ajuda a garantir maior qualidade e aumento de produtividade na execução.

Também para Tavares Junior (2001) um bom processo construtivo possibilita redução de custo e falhas da edificação. Já projetos realizados sem qualidade vão na contramão da conformidade e irão apresentar desperdícios e patologias. Portanto, a ideia de compatibilização entre os processos de desenvolvimento da construção, resultará na excelência da obra.

A compatibilização favorece o projeto, maximizando os resultados almejados e minimizando o tempo gasto com sua preparação, também pode-se afirmar que é a atividade de gerenciar e integrar projetos correspondentes, visando ao perfeito acordo entre todos eles e acarreta para a alcance dos padrões de controle de qualidade de determinada obra (SANTOS, 2018).

Vanni (1999) fala que existe a necessidade de adequação da metodologia FMEA à compatibilização na construção civil, para minimizar os problemas da etapa de projetos. Compatibilizar então as ações planejadas e sistemáticas gera maior confiabilidade no produto final.

4.5 FMEA como aliada na integração entre projeto, planejamento e obra

Atingir altos níveis de segurança em todas as etapas da construção é importante para prevenir falhas e minimizar riscos. Neste sentido, para o diagnóstico das potenciais falhas, o FMEA é uma ferramenta que traz eficiência para o objetivo. O fato de o FMEA ter sofrido poucas alterações desde o início do seu uso, confere a competência do método (MIGUÉIS, 2010).

Vanni (1999) argumenta que o aumento do setor da construção civil forçou as construtoras a gerenciarem melhor seus projetos, reduzindo desperdícios, alterações e retrabalho. Pensando nisso a melhoria contínua vem ao encontro com essa ideia. O FMEA pode ser um diferencial para as empresas se aperfeiçoarem nas relações das etapas de projeto, planejamento e execução, além de organizar o relacionamento dos responsáveis por cada etapa desde a concepção à execução da obra.

O FMEA tem como característica avaliar o quão crítico um risco pode se tornar para o desenvolvimento ou para a manutenção do serviço. Quando se adapta a ferramenta para que ela possa se ligar com o gerenciamento dentro da execução do projeto de construção civil, priorizar o risco fará com que os interessados se adaptem a possível falha.

Dentro de um projeto de Engenharia Civil, as partes interessadas, ou seja, os *stakeholders* mudam conforme o andamento deste. Ao se realizar o projeto da edificação, as maiores partes interessadas são os responsáveis pelo projeto e os responsáveis pela execução, nessa etapa é muito interessante que a ideia de como a construção será feita e posteriormente utilizada tem relevância, e quando isso passa a ser comum aos *stakeholders* a probabilidade de falhas diminui. A partir do momento em que o projeto passa para a sua execução os responsáveis por esta etapa, tem por prioridade, executar exatamente o que o projeto pede, tendo em vista que ao se elaborar o projeto as partes interessadas estavam de comum acordo com o que deveria ser realizado. Vanni (1999 apud MELHADO; VIOLANI, 1992) destacam que, em geral, os principais participantes do empreendimento são:

- O empreendedor;
- Os projetistas;
- O usuário da edificação;
- O construtor.

Como o FMEA avalia os riscos e possíveis falhas, estas informações podem ser aproveitadas para o aperfeiçoamento de futuras edificações, pois ajuda a definir melhor as diretrizes do projeto, planejamento e execução.

Por fim, Vanni (1999) expõe os benefícios que os sistemas de qualidade podem trazer, e estes podem ser relacionados à utilização do FMEA:

- Aumento da produtividade;
- Obtenção de desempenho do produto;
- Redução dos custos de produção;
- Redução das interferências entre os projetos;
- Redução de retrabalho e alterações de projeto;
- Introdução de decisões embasadas tecnologicamente;
- Otimização das atividades de execução;
- Satisfação dos clientes;
- Manutenção da competitividade.

Portanto, a utilização do FMEA para minimizar os riscos e falhas de um projeto de Engenharia Civil, traz a melhoria contínua da execução da obra e por consequência vem o aumento da produtividade dos processos.

Neste sentido, visando contribuir com a identificação dos possíveis danos ocasionados pelas falhas, ressalta-se a importância de elencar as perdas propostas por Ohno para o Sistema Toyota de Produção (STP).

4.6 As 7 perdas do Sistema de Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção, também conhecido como STP busca a eficiência do sistema de produção com a relação entre qualidade, produtividade e custos, por meio da identificação de atividades que não agregam valor no produto dentro do processo produtivo (FALCÃO, 2001).

Rosa (2001 *apud* OHNO, 1978) em sua dissertação trata que o primeiro passo do STP é a redução de perdas, e propõe então a classificação destas perdas e soluções para eliminá-las:

- Perdas por superprodução: é o principal foco entre as perdas, pois tem tendência de mascarar outras, podendo ser de naturezas distintas, sendo elas, quantitativa onde se perde por produzir além do que necessário, e

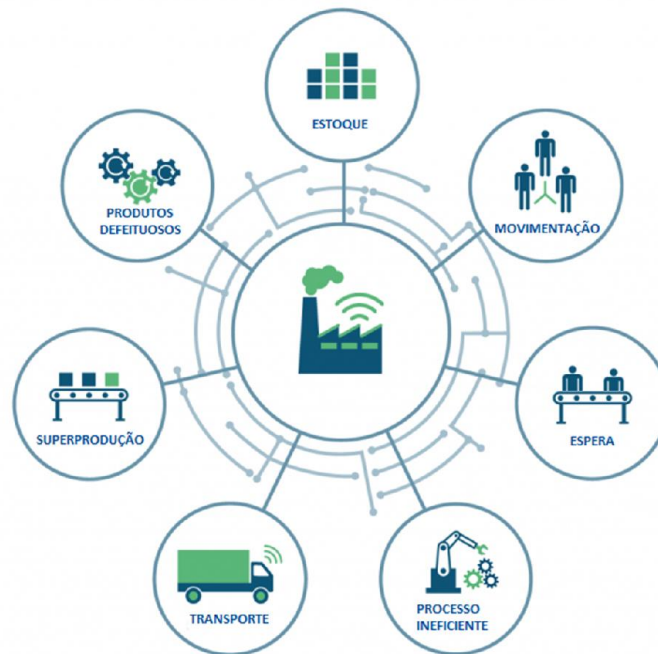
por antecipação onde existe a perda por produção antes do necessário (FALCÃO, 2001). As ações que podem ser tomadas são a melhoria do estoque para minimizar a quantidade, o tempo de ajuste de máquinas tornando o período de estoque menor (ROSA, 2001);

- Perdas por transporte: não agrega valor ao produto, mas agrega na otimização do transporte dentro da produção (PERGHER; RODRIGUES; LACERDA, 2001). As soluções são minimizar o transporte de materiais dentro do processo produtivo e os que não podem ser eliminados, devem ser otimizados (ROSA, 2001);
- Perdas por processo ineficiente: são atividades desnecessárias para as características do produto final (FALCÃO, 2001). Analisar quais tarefas são indispensáveis para o processo de fabricação e acabar com o que é irrelevante para a produção, são soluções para estas perdas (ROSA, 2001);
- Perdas por fabricar produtos defeituosos: consiste na fabricação de peças que não atendam as características de qualidade que o projeto especifica (PERGHER; RODRIGUES; LACERDA, 2001). Rosa (2001) diz que esse tipo de perda é reduzido quando se tem um sistema de inspeção durante o processo produtivo;
- Perdas por estoque: atrelado à manutenção e movimentação do estoque de matéria-prima, material dentro do processo de fabricação e produto pronto para o consumidor (FALCÃO, 2001). A causa apontada para a perda segundo Rosa (2001) é a falta de sincronia entre prazo de entrega e compra do pedido;
- Perdas por espera: a não existência de produção apesar dos custos continuarem a serem contabilizados, podendo ser de equipamentos com baixa utilização das máquinas e de trabalhadores ociosos (PERGHER; RODRIGUES; LACERDA, 2001). Os danos podem ser minimizados ou extintos quando existem a sincronização da produção e a existência de um sistema produtivo que impede paradas não programadas (ROSA, 2001);
- Perdas por movimentação: são movimentos dispensáveis dos trabalhadores devido à má organização do layout. O estudo dos

movimentos dos trabalhadores durante a fabricação ajuda a tornar mínima esta perda (ROSA, 2001).

A Figura 3 ilustra as 7 Perdas de acordo com o STP, conforme segue:

Figura 3 – 7 Perdas do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Lean Six Sigma (2018)

A aplicação das sete perdas propostas pelo Sistema Toyota de Produção na construção civil, pode ser considerada importante para que este setor busque um sistema enxuto de produção reduzindo as perdas, principalmente no canteiro de obras, pois é o local que apresenta os recursos de produção (projeto, mão-de-obra, materiais e equipamentos), para se alcançar a racionalização e a alta produtividade dos executores (GOMES e GOMES JÚNIOR, 2009). Desta forma, ao considerar as sete perdas, a empresa pode alcançar a alta qualidade na execução dos projetos na construção civil.

4.7 Importância das Empresas Juniores para os acadêmicos e a sociedade

As Empresas Juniores (EJs) são associações civis sem fins lucrativos geridas por estudantes da graduação, com supervisão de professores e em alguns casos de

profissionais externos. O Movimento Empresa Júnior (MEJ) teve início na França em 1967 e chegou no Brasil em 1988 (VALE; CÂNDIDO; ANDRADE, 2017).

Em seu artigo para o *site* do Sebrae, Richardson (2019) descreve que os principais objetivos das EJs são: promover o aprendizado prático do universitário em seu campo de atuação, aproximar o mercado de trabalho das universidades e dos acadêmicos, e elaborar projetos na área de formação dos alunos. Para Vale, Cândido e Andrade (2017) as situações reais em que os acadêmicos são colocados à prova tais como de elaboração de projetos, negociação com clientes, execução de serviços, faz com que estes desenvolvam e apurem habilidades como liderança, comunicação, planejamento, gestão, tomada de decisão e relacionamento interpessoal.

Além disso, o art. 5º (Lei nº 13.267, de 06 de abril de 2016) traz que:

A empresa júnior, cujos fins são educacionais e não lucrativos, terá, além de outros específicos, os seguintes objetivos:

I - proporcionar a seus membros as condições necessárias para a aplicação prática dos conhecimentos teóricos referentes à respectiva área de formação profissional, dando-lhes oportunidade de vivenciar o mercado de trabalho em caráter de formação para o exercício da futura profissão e aguçando-lhes o espírito crítico, analítico e empreendedor;

[...]

IV - melhorar as condições de aprendizado em nível superior, mediante a aplicação da teoria dada em sala de aula na prática do mercado de trabalho no âmbito dessa atividade de extensão.

Richardson (2019) afirma ainda que, as Empresas Juniores contemplam as necessidades de três principais *stakeholders*:

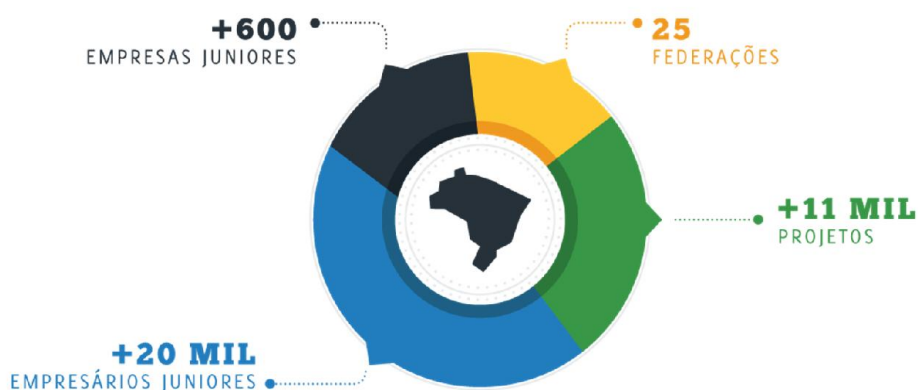
- Os alunos: onde através da interação entre os membros da empresa apuram suas habilidades e desenvolvem outras;
- Os clientes: os projetos desenvolvidos pelos alunos possuem alta qualidade e garantia já que eles são supervisionados pelos professores orientadores com baixo valor de investimento;
- As universidades: que se favorecem do retorno positivo da imagem da instituição, pois as EJs fazem a divulgação no nome da universidade.

Para retratar o impacto das empresas juniores nos setores em que atuam, Costa (2016) apresenta em seu artigo que o Brasil é o país líder na quantidade de EJs, em que no ano de 2016 conseguiram movimentar cerca de 11 milhões de reais, exemplificou também que existem empresas que conseguem faturar 400 mil reais ao

ano. Para o ano de 2018 a meta passou a ser de 33 milhões reais de faturamento até o fim do mês de dezembro.

Ao trazer o retrato do cenário atual do MEJ, o Portal da Brasil Júnior, conforme Figura 3, evidencia que Brasil conta com mais de 600 EJs, 25 Federações, mais de 20 mil Empresários Juniores, bem como mais de 11 mil projetos foram desenvolvidos no ano de 2019. Também segundo o Portal Brasil Júnior, o movimento tem como meta para este ano o faturamento de 45 milhões de reais

Figura 4 – Metas da Brasil Júnior para 2019



Fonte: Portal Brasil Júnior (2019)

Com base nos dados apresentados, que vão desde número de empresários juniores até o faturamento que eles podem alcançar, pode-se afirmar que as EJs brasileiras tem a capacidade de gerar alto impacto na economia do país, e também formar empreendedores comprometidos e capazes de transformar o Brasil.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia é o estudo dos caminhos que serão percorridos para a realização do estudo, ela vai além da indicação dos métodos e das escolhas dos procedimentos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

5.1 Classificação da Pesquisa

Quanto à abordagem do problema a pesquisa pode ser considerada qualitativa, ou seja, ela não se preocupou com a representatividade numérica, mas sim, em compreender a situação do projeto em questão. Preocupou-se com as relações dinâmicas, tendo como objetivos descrever, compreender e explicar estas relações. Ela teve diferentes fontes para a abordagem do estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Do ponto de vista dos objetivos do estudo este pode ser considerado uma pesquisa exploratória, a qual buscou desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, trazendo familiaridade com o problema. Normalmente a pesquisa exploratória envolve entrevistas, estudo de casos e levantamentos bibliográficos (GIL, 2008).

Em relação aos procedimentos técnicos a pesquisa foi bibliográfica, de levantamento e foi um estudo de caso, de uma Empresa Júnior. A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências já analisadas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). O levantamento, segundo Gil (2008), baseou-se na solicitação de informações com base nos projetos analisados, onde as conclusões obtidas da amostra investigada são projetadas para a totalidade. E, por fim, a pesquisa foi um estudo de caso, que buscou o conhecimento detalhado dos projetos de análise, Gil (2008) cita que o estudo de caso investiga o fenômeno dentro do contexto de realidade, facilitando o entendimento das variáveis do objeto de estudo e a descrição da situação em que a pesquisa se encontra.

5.2 Instrumentos, técnicas e ferramentas

A metodologia foi baseada no FMEA de Processo, pois ela inclui seis componentes do projeto: mão-de-obra, equipamentos, metodologia, materiais, medições e fatores ambientais. Como o FMEA de Processo é algo evolutivo e

dinâmico, envolveu vários métodos para conseguir resultados eficazes, sendo realizado com base nos processos do projeto de engenharia (CRUZ, 2012). O FMEA irá abranger não somente o projeto em si, mas seus impactos durante a execução em obra.

Stamatis (2003) coloca que o resultado do FMEA de Processo pode ser alterado, com bases nas especificações do projeto, conforme se observe a necessidade. Ao se iniciar o FMEA se entendeu que o projeto já estava pronto para a entrega aos clientes, ou seja, ele estava composto de forma que já otimizaria os procedimentos de execução.

Com as oito cópias dos projetos que foram entregues aos clientes da Empresa Júnior de Engenharia Civil iniciou-se o uso da ferramenta FMEA de fato. Ressalta-se que os projetos selecionados englobaram todos os que foram entregues aos clientes que a empresa teria feito até a data de realização das análises, ou seja, pode-se considerar que foi elaborada uma análise global dos projetos da EJ. Não foram analisados os projetos complementares (elétrico, hidrossanitário, e estrutural) pois não eram todos os projetos entregues em que se tinha a obrigatoriedade da realização destes, tornando-se então, o uso destes não igualitário, já que não poderia fazer a mesma análise e comparação entre todos os projetos que foram cedidos.

A Figura 5 mostra o formulário do FMEA, com a explicação de cada item, na sequência, citado no formulário que será utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, conforme Cruz (2012) descreveu em sua dissertação:

Figura 5 – Formulário para análise FMEA de Processo

FMEA DE PROCESSO											
Identificação do Projeto:			Responsáveis pela equipe de trabalho		Nome/Área		Rúbrica		Data da FMEA:		
									Data de revisão:		
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	SEVERIDADE (S)	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	OCORRÊNCIA (O)	MEDIDAS DE CONTROLE	DETECÇÃO (D)	NPR	GRAU DE RISCO	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS

FONTE: CRUZ (2012)

- Atividades: quais as atividades avaliadas na análise FMEA;
- Tarefas: quais tarefas avaliadas de cada atividade, é interessante descrever as tarefas na ordem do processo;

- Modo de Falha Potencial: quais as perdas específicas do processo, pode haver mais de uma falha para cada tarefa. Estas perdas específicas foram classificadas de acordo com as “7 Perdas de STP”, que foi abrangida no referencial teórico;
- Potenciais consequências das falhas: quais as consequências do modo de falha, ou seja, como se refletiu ao consumidor, ramificações do problema. Para melhor identificação pode-se levar em consideração o histórico, queixas de outros clientes, etc;
- Severidade: como já foi apresentado no referencial teórico, o índice da severidade representa a gravidade da falha, quanto mais grave maior é seu índice como também já foi exposto anteriormente. Tal índice foi avaliado de forma qualitativa envolvendo aspectos físicos que resultaram em problemas que afetam o usuário do imóvel e sua segurança;
- Potenciais causas da falha: quais foram causas da falha que afetaram o processo como um todo, ou seja, o projeto em si;
- Ocorrência: este também explicado no referencial teórico tratou-se da frequência das falhas, quantos mais ocorre maior será o índice. O índice foi feito em forma quantitativa onde, dentro do número de projetos avaliados em quantos deles a falha abordada aconteceu;
- Medidas de controle: identificação de quais procedimentos podem detectar a falha antes que ela ocorresse, os procedimentos podem estar relacionados diretamente com os processos do projeto ou em forma de *brainstorming*, por exemplo;
- Detecção: também citado no referencial teórico, corresponde à probabilidade de perceber a falha antes que ela ocorra. Para o presente FMEA de Processo, os índices de detecção não necessariamente foram baixos caso a ocorrência seja baixa, o que foi considerado, de forma qualitativa, foi a percepção de tal falha, considerando como ela pôde ter sido detectada pelo usuário ou pelo executor na obra;
- NPR: é o produto dos índices de severidade, ocorrência e detecção. Baseado nos valores obtidos do cálculo do NPR identifica-se quais as falhas com prioridade a serem resolvidas;

- Grau de Risco: com base no valor de NPR se caracteriza o grau de risco, a partir de cores, observando quais são as falhas que mais afetam o projeto analisado;
- Medidas de controle adicionais: foram recomendações para que a execução do projeto ocorresse sem nenhuma falha, é interessante se propor ações que não ocorram no presente, mostrar dispositivos de detecção, entre outros.

O preenchimento do formulário levou em consideração mais de uma análise, portanto, para alcançar confiabilidade no uso da ferramenta foi necessário entrevista com os clientes e com alguns participantes dos projetos, sendo possível obter uma visão global do processo de desenvolvimento do projeto e da execução.

Para esta pesquisa, a realização da FMEA foi feita com oito projetos arquitetônicos de novas residências, ampliações e regularizações. Os projetos foram cedidos por uma Empresa Júnior de Engenharia Civil da UTFPR.

Com os riscos mensurados e com o NPR calculado, a tabela do FMEA de Processo foi finalizada indicando quais foram as medidas que pudessem minimizar os riscos, bem como elencar possíveis soluções para resolver a falha, caso ela ocorra.

Por fim, a ferramenta do FMEA de Processo foi realizada da seguinte maneira:

1. Descrição das quais tarefas tiveram grande potencial de risco e de falha no ponto de vista de projeto que afetariam a execução em obra;
2. Citou-se quais as perdas do processo da falha ou riscos foram identificados;
3. Levantou-se quais consequências que as falhas poderiam refletir para o consumidor e executor do projeto;
4. Indicação do índice de Severidade (GUIMARÃES, 2014):
 - a. 1 = falha raramente poderia ter sido percebida e dificilmente traria prejuízos;
 - b. 2 a 3 = provocou redução do desempenho, mas não afetou o cliente;
 - c. 4 a 6 = provocou insatisfação do cliente e operador, reduzindo o desempenho;

- d. 7 a 8 = não desempenhou a função, o cliente percebeu a falha logo recebeu o projeto;
- e. 9 a 10 = perdas ao consumidor e na execução.

Os parâmetros para a escolha dos valores do índice foram feitos com base no olhar do cliente e o quão graves eram as falhas com relação à produtividade em obra.

- 5. Identificação das causas da falha que afetaram o projeto como um todo;
- 6. Indicação o índice de Ocorrência:
 - a. 1 = excepcional;
 - b. 2 = muito poucas vezes;
 - c. 3 = poucas vezes;
 - d. 4 a 6 = ocasional, algumas vezes;
 - e. 7 a 8 = frequente;
 - f. 9 a 10 = certamente ocorrerá a falha. (GUIMARÃES, 2014)

Aqui se levou em conta a quantidade de projetos que apresentaram as inconsistências:

Tabela 4 – Parâmetros de avaliação da ocorrência da falha

Quantidade de projetos em que ocorreram a falha	Índice
1	1
2-3	2
4	3
5-6	4-6
7	7-8
8	9-10

- 7. Mostrou quais as medidas de controle poderiam minimizar o risco ou detectar a falha antes que ocorresse;
- 8. Indicação do índice de Detecção:
 - a. 1 = muito alta;
 - b. 2 a 3 = alta;
 - c. 4 a 6 = moderada;
 - d. 7 a 8 = pequena;
 - e. 9 = muito pequena;
 - f. 10 = muito remota a possibilidade de detecção. (GUIMARÃES, 2014)

Se considerou o quanto o projetista, revisor ou gerente de projetos poderia ter percebido a falha e a possibilidade de ação corretiva antes que ela ocorresse.

9. Cálculo do NPR, ou seja, a multiplicação dos índices:

$$10. NPR = S \times O \times D$$

11. Identificação do grau de risco, na coluna do NPR, pelas cores:

- a. Verde: secundário, com $NPR < 50$;
- b. Amarelo: moderado, com $50 \leq NPR < 125$;
- c. Laranja: elevado com, $125 \leq NPR < 200$;
- d. Vermelho: crítico, com $NPR \geq 200$.

12. Houve a sugestão de recomendações para a execução do projeto para eliminação riscos e falhas.

Com toda a tabela do FMEA preenchida foi possível gerar um relatório que trate das causas das falhas e dos riscos, identificando suas consequências e mostrando as propostas de soluções para os erros encontrados e analisados.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como já mencionado anteriormente na metodologia, os insumos utilizados para a pesquisa foram cedidos por uma Empresa Júnior de Engenharia Civil de uma Universidade Federal, sendo oito projetos arquitetônicos que abrangem nova residência, ampliação e regularização entre os anos de 2014 a 2019.

As falhas foram compiladas e dispostas em uma única tabela de FMEA de Processo. Para melhor entendimento e visualização dos resultados, a tabela do FMEA de Processo foi dividida, em que, na Tabela 5 consta a relação de falhas encontradas, com os modos de falhas, causas, medidas de controle e a demonstração onde a falha pode impactar nas etapas de construção do imóvel. E a Tabela 6 demonstra os resultados do NPR com as cores para avaliação de quais inconsistências tem prioridade de revisão e solução para os próximos projetos elaborados pela empresa.

Neste sentido a Tabela 5, com os resultados obtidos pelo FMEA, demonstra como uma falha pode impactar não só em projeto, mas também na execução deste no ambiente de obra.

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
PROJETO						
Consulta ao cliente	Alinhamento de paredes	Perda por espera; Perda por processo ineficiente.	Desperdício de material; Perda de recursos financeiros; Retrabalho.	a) Falta de conhecimento sobre infraestrutura da residência; b) Não planejamento do trabalho durante a execução da obra.	a) Consulta ao professor orientador sobre a infraestrutura do projeto; b) Pesquisa sobre a otimização da execução do projeto.	
Consulta ao cliente	Ambiente não construído	Perda por processo ineficiente	Atrasos na execução da obra; Retrabalho.	a) Não planejamento da altura do pé-direito do ambiente; b) Falta de comunicação entre cliente e projetista	a) Revisão do projeto quanto ao conforto do usuário; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	
Consulta ao cliente	Atraso na entrega do projeto	Perda por espera; Perda por processo ineficiente	Atraso para o início da obra	Falta de planejamento e controle de prazos	Planejamento de prazos utilizando um cronograma, considerando os cenários para tomada de decisão do tempo disponível para execução das atividades	Estabelecer prazos e dividir tarefas; Uso de indicadores de controle.

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Consulta ao cliente	Colocação da cobertura	Perda por espera	Aumento da probabilidade de vazamento pelas calhas	Falta de conhecimento para outras formas de cobertura	Consulta ao professor orientador de mais possibilidades de cobertura	
Consulta ao cliente	Colocação de esquadrias	Perda por espera; Perda por processo ineficiente	Troca de esquadrias com características diferentes do que foi projetado; Perda de material; Perda de recurso financeiro; Retrabalho.	a) Falta de planejamento e conhecimento quanto ao custo da esquadria; b) Falha quanto ao entendimento das necessidades do cliente.	a) Apresentação de um orçamento prévio da esquadria; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	Exibir outras soluções que atendam a necessidade do cliente e da obra para iluminação e ventilação
Consulta ao cliente	Parede em 1 vez	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente.	Desperdício de material; Perda de recursos; Ambientes menos otimizados; Maior tempo para execução.	a) Todos os projetos feitos pela empresa foram feitos em paredes de 1 vez; b) Falta de comunicação com o cliente sobre suas preferências.	a) Revisão do projeto quanto a otimização dos ambientes; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Realização do projeto	Colocação de esquadrias	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente	Troca de esquadrias com características diferentes do que foi projetado; Perda de material; Perda de recurso financeiro; Retrabalho.	a) Falta de planejamento e conhecimento quanto ao custo da esquadria; b) Falha quanto ao entendimento das necessidades do cliente.	a) Apresentação de um orçamento prévio da esquadria; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	Exibir outras soluções que atendam a necessidade do cliente e da obra para iluminação e ventilação
Realização do projeto	Cotas das vistas AA e BB	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente.	Atraso do projetista na execução do projeto	a) Revisão do projeto foi falha; b) Falta de conhecimento quanto ao que deve conter no projeto.	a) Melhoria nos processos de revisão de projeto; b) Consulta ao professor orientador.	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Descrição do tipo de piso	Perda por produto defeituoso	Ao protocolar nos órgãos públicos o projeto será indeferido	a) Falha na revisão do projeto; b) Falta de conhecimento das normas.	a) Melhoria nos processos de revisão de projeto; b) Consulta à prefeitura para conhecimento da norma para escalas do projeto.	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Escala do projeto	Perda por produto defeituoso	Ao protocolar nos órgãos públicos o projeto será indeferido	a) Falha na revisão do projeto; b) Falta de conhecimento das normas.	a) Melhoria nos processos de revisão de projeto; b) Consulta à prefeitura para conhecimento da	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
					norma para escalas do projeto.	
Realização do projeto	Identificação da área do ambiente	Perda por produto defeituoso	Ambiente com dimensão errada	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Identificação da inclinação da rampa	Perda por produto defeituoso	Execução da inclinação da rampa pode não atender às normas e dificuldades do usuário em utilizá-la	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Identificação de ambientes, níveis, e tipo de piso nas vistas AA e BB	Perdas por produto defeituoso	Confusão no entendimento do projeto por parte da execução	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.);
Realização do projeto	Identificação de entrada de veículos	Perda por produto defeituoso	Pavimentação externa pode ser feita em local errado; Retrabalho; Perda de recurso financeiro; Atraso da obra.	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Realização do projeto	Inserção das cotas no projeto	Perda por produto defeituoso	As dimensões dos projetos podem não ser executadas como o planejado, podendo alterar o layout da residência	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Mais de 2 cortes na planta	Perda por processo ineficiente	Paredes poderiam ser feitas em alturas diferentes; Perda de material; Retrabalho; Perda de recurso financeiro.	Não é um item obrigatório para a aprovação do projeto na prefeitura	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Consulta ao professor orientador quanto a melhor forma de visualização do projeto em obra.
Realização do projeto	Norte do Terreno	Perda por produto defeituoso	Construção pode ser feita na direção errada	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	
Realização do projeto	Projeção de cobertura	Perda por produto defeituoso	O telhado poderia não alcançar as dimensões planejadas	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Realização do projeto	Selo do projeto	Perda por produto defeituoso	Ao protocolar nos órgãos públicos o projeto será indeferido por falta de informações no selo; Atraso na execução do projeto.	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto; Consulta ao professor orientador para preenchimento do selo.	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Entrega aos órgãos públicos	Protocolar projeto na prefeitura	Perda por espera; Perda por produto defeituoso	Atraso em protocolar projeto na prefeitura; Indeferimento do projeto; Atraso para o início da obra	a) Desconhecimento dos documentos necessário para o protocolo; b) Falha na revisão do projeto.	a) Consulta à prefeitura quanto aos documentos necessários; b) Melhoria nos processos de revisão de projeto.	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
EXECUÇÃO						
Vedação	Alinhamento de paredes	Perda por processo ineficiente	Maior número de viga baldrame por falta de alinhamento das paredes; Maior consumo de material.	Falta de conhecimento sobre a execução da infraestrutura	Consulta e revisão do professor orientador sobre o tema	
Vedação	Verga e contra verga	Perda por processo ineficiente; Perda por produto defeituoso.	Presença de fissuras a 45° na alvenaria da esquadria	Não é um item obrigatório para a aprovação do projeto na prefeitura	Colocar detalhamento de verga e contra verga no projeto	
Paredes	Alinhamento de paredes	Perda por espera; Perda por processo ineficiente.	Desperdício de material; Perda de recursos financeiros; Retrabalho.	a) Falta de conhecimento sobre infraestrutura da residência; b) Não planejamento do trabalho durante a execução da obra.	a) Consulta ao professor orientador sobre a infraestrutura do projeto; b) Pesquisa sobre a otimização da execução do projeto.	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Paredes	Colocação de esquadrias	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente	Abertura errada para a esquadria; Perda de material; Perda de recurso financeiro; Retrabalho.	a) Falta de planejamento na execução da esquadria	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Paredes	Colocação de portas	Perda por produto defeituoso	Dimensão para abertura de esquadria errada; Perda de recurso financeiro; Retrabalho.	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	
Paredes	Inserção das cotas no projeto	Perda por produto defeituoso	As dimensões dos projetos podem não ser executadas como o planejado, podendo alterar o layout da residência	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Paredes	Parede em 1 vez	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente.	Desperdício de material; Perda de recursos; Ambientes menos otimizados; Maior tempo para execução.	a) Todos os projetos feitos pela empresa foram feitos em paredes de 1 vez; b) Falta de comunicação com o cliente sobre suas preferências.	a) Revisão do projeto quanto a otimização dos ambientes; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Cobertura	Colocação da cobertura	Perda por espera; Perda por processo ineficiente.	Aumento na quantidade de calhas; Aumento de custos; Aumento da probabilidade de vazamento pelas calhas	a) Falta de conhecimento para outras formas de cobertura; b) Não planejamento quanto ao custo da cobertura.	a) Consulta ao professor orientador sobre mais possibilidades de cobertura; b) Consulta prévia quanto aos custos ligados à cobertura.	
Cobertura	Projeção de cobertura	Perda por produto defeituoso	O telhado poderia não alcançar as dimensões planejadas	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Revestimento	Identificação de ambientes, níveis, e tipo de piso nas vistas AA e BB	Perda por produto defeituoso	Não identificação de piso pode acarretar com a colocação de piso com características diferentes do que o cliente quer; Não identificação do nível pode acarretar em acúmulo de água; Retrabalho.	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.);

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Esquadrias	Ambiente não construído	Perda por processo ineficiente	Perda de material; Perda de recursos Atrasos na execução da obra; Retrabalho	a) Não planejamento quanto ao uso do ambiente b) Falta de comunicação entre cliente e projetista	a) Revisão do projeto quanto a utilização do ambiente; b) Revisão das necessidades do cliente no início, meio e fim do projeto.	Exibir outras soluções que atendam a necessidade do cliente e da obra para iluminação e ventilação
Esquadrias	Colocação de esquadrias	Perda por produto defeituoso; Perda por processo ineficiente	Abertura errada para a esquadria; Perda de material; Perda de recurso financeiro; Retrabalho.	Falta de planejamento na execução da esquadria	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Esquadrias	Colocação do quadro de esquadrias	Perda por processo ineficiente	Janelas e portas com características erradas na execução; Perda de material; Perda de recurso financeiro.	Não é um item obrigatório para a aprovação do projeto na prefeitura	Colocar o quadro de esquadrias no projeto para agilizar o entendimento na obra das características de cada esquadria	
Captação de água pluvial	Colocação da cobertura	Perda por espera; Perda por processo ineficiente.	Aumento na quantidade de calhas; Aumento de custos; Aumento da probabilidade de vazamento pelas calhas	a) Falta de conhecimento para outras formas de cobertura; b) Não planejamento quanto ao custo da cobertura.	a) Consulta ao professor orientador de mais possibilidades de cobertura b) Consulta prévia quanto aos custos ligados à cobertura.	

Tabela 5 – Resultados do FMEA de Processo

(continua)

FMEA DE PROCESSO						
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	MEDIDAS DE CONTROLE	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS
Pavimentação externa	Identificação da área do ambiente	Perda por produto defeituoso	Ambiente com dimensão errada	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Pavimentação externa	Identificação de ambientes, níveis, e tipo de piso nas vistas AA e BB	Perda por produto defeituoso	Não identificação de piso pode acarretar com a colocação de piso com características diferentes do que o cliente quer; Não identificação pode acarretar em acúmulo de água; Retrabalho.	Falha na revisão do projeto	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.);
Pavimentação externa	Identificação de entrada de veículos	Perda por produto defeituoso	Pavimentação externa pode ser feita em local errado; Retrabalho; Perda de recurso financeiro; Atraso da obra.	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)
Pavimentação externa	Identificação da inclinação da rampa	Perda por produto defeituoso	Execução da inclinação da rampa pode não atender às normas	Revisão do projeto foi falha	Melhoria nos processos de revisão de projeto	Revisar o projeto ao fim de cada etapa de execução (ao fazer a planta baixa, cobertura, cortes, vistas, etc.)

A Tabela 6 trata os resultados do NPR para cada falha encontrada durante a análise dos projetos de estudo:

Tabela 6 – Cálculo do NPR de cada falha encontrada no FMEA de processo

(continua)

	Falha do Projeto	Número de falhas nos 8 projetos	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR
1	Ambiente não construído	2	7	1	9	63
2	Atraso na entrega do projeto	3	8	2	1	16
3	Colocação de esquadria	5	7	3	3	63
4	Cotas nas vistas AA e BB	3	1	2	2	4
5	Desalinhamento de paredes	1	4	1	5	20
6	Escala do projeto	2	5	2	2	20
7	Falta de área no ambiente	1	2	1	2	4
8	Falta de descrição da inclinação da rampa	1	7	1	2	14
9	Identificação de ambientes, níveis, e tipo de piso nas vistas AA e BB	5	1	2	3	6
10	Identificação de entrada de veículos	1	5	1	3	15
11	Inserção de cotas no projeto	7	9	3	2	54
12	Mais de 2 cortes na planta	1	2	1	9	18
13	Norte do projeto	3	9	2	5	90
14	Paredes de 1 vez	1	5	1	10	50
15	Projeção de cobertura	4	3	3	4	36
16	Protocolar projeto na prefeitura	2	8	2	6	96
17	Selo do Projeto	3	8	2	5	80

Tabela 6 – Cálculo do NPR de cada falha encontrada no FMEA de processo

						(conclusão)
Falha do Projeto	Número de falhas nos 8 projetos	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	
18	Sugestão de detalhamento verga e contra verga	7	5	8	4	160
19	Sugestão de quadro de esquadrias	6	5	6	2	60

As duas tabelas trouxeram os resultados das análises dos projetos arquitetônicos, nelas foi possível abordar as medidas de controle que podem amenizar e possivelmente eliminar as falhas nas tarefas. Apesar das consequências afetarem não só a realização do projeto mas também a execução deste, como era um dos objetivos específicos do trabalho (fazer a análise das consequências na obra), as falhas conseguem ser sanadas com medidas coerentes e acessíveis de controle na realização do projeto, e, caso cheguem até a obra, podem ser solucionadas antes da finalização da construção, tendo como consequências custos financeiros, de tempo ou retrabalho, que podem ser minimizados, na medida em que há possibilidade da solução em busca da exatidão e compatibilidade entre projetista e executor. Guimarães (2014) corrobora com tal pensamento quando aborda que o FMEA pode extinguir com as falhas, entretanto, quando os projetos entram na execução, estas ainda podem ser atenuadas.

Pode-se perceber pelas tabelas, que as inconsistências encontradas nos projetos, tendo em vista que houve um baixo número de projetos analisados, são de forma geral falhas que não possuem grau elevado de gravidade, já que o impacto na obra não causa maiores danos ao cliente e ao operador, como um rompimento de estrutura por exemplo.

Ao observar o período em que os projetos foram executados pelos membros, verificou-se que a empresa evoluiu em termos de projeto, tanto em organização quanto na qualidade. Pois nas análises dos projetos, principalmente dos dois últimos anos, o número de falhas foi menor do que os projetos avaliados do ano de 2014, por exemplo. Isso pode ser justificado, quando se observa que desde 2017 a empresa passou a ter foco em resultados voltando seus objetivos em venda de

projetos para construção, e essa ideologia tem relevância quando se trata de cumprimento de normas e preocupação em atender ao que o cliente precisa e deseja. A união dessas duas vertentes faz com que a capacidade de entregar projetos com qualidade fique cada vez mais próxima do ideal.

Foi exposto na Tabela 5, como as tarefas falhas podem afetar o andamento em obra, onde na maioria das vezes trazem o mesmo tipo modo de falha, quando exposta às “7 perdas de STP”. Entretanto, quando se pensa nas potenciais implicações que a falha irá problematizar no ambiente de obra, a consequência pode ser mais relevante, seja no entendimento do projeto, por falta de informações, quando o projeto realmente não atende às especificações de norma e do que o cliente quer, ou até mesmo quando o pensamento de facilitação no desempenho na obra não existe.

A Figura 6 ilustra a porcentagem de ocorrência de projetos que apresentaram as falhas, onde se consegue trazer maiores discussões sobre os resultados da pesquisa.

Figura 6 – Porcentagem de projetos que apresentaram a falha



Como já referenciado no presente trabalho, na Tabela 6, a maior parte as falhas contém baixo nível de criticidade, pois seu NPR foi menor que 50, onde os termos já foram abordados na Figura 1, mas elas existem e podem facilmente serem corrigidas, com processos de revisão melhor definidos e sendo realizados a cada etapa de conclusão do projeto. Outra estratégia importante é a reunião com o cliente periodicamente para alinhar a planta com as necessidades do proprietário. Nos casos onde houve o mesmo número de NPR a prioridade de solução, como já foi abordada citando Cruz (2012), é o valor do índice de severidade, ou seja, quanto maior a severidade mais urgente é agir com as medidas de controle.

Remetendo ao que Mayr (2000) afirmou, as inconsistências de projetos podem resultar em adaptações que também podem fazer com que o resultado fique longe do planejado em projeto. O autor também ressalta que existe dificuldade do projetista em alinhar obra e projeto, e isso se mostra claro nas falhas que foram relatadas no FMEA de processo.

O ato de planejar a execução fará com que os riscos de retrabalho, aumento de custos, perda de materiais e atrasos sejam minimizados como Peralta (2002) já tinha tratado. E quando se retoma aos resultados da pesquisa observa-se que as mesmas consequências trazidas no ano de 2002 causam o mesmo impacto anos depois, e com causas equivalentes das que foram citadas pelo autor. Onde se pode destacar também que as falhas encontradas no FMEA de processo do presente estudo também foram trazidas por Mayr (2000) e por Tavares Junior (2001) em suas pesquisas, o que revela o quanto o setor da construção civil ainda deve evoluir para se tornar referência perante outros setores.

A princípio, para a empresa júnior, esses dados já poderão servir de base para futuras análises com os próximos projetos, e, para os que estão sendo executados, as medidas de controle já podem ser colocadas em prática, fazendo com que os riscos de erros na construção sejam minimizados ao máximo possível. Essas práticas de obtenção de melhores resultados para futuros projetos e atenuação das falhas dos projetos já em execução são ações que Guimarães (2014) abordou como possibilidades de atuação do FMEA, e essas ações podem garantir o aumento da credibilidade dos serviços oferecidos pela empresa.

Por fim, para obtenção de resultados com indicadores mais concretos é interessante que o número de projetos analisados seja maior por se tratar de mensuração de índices, pois quanto maior a quantidade para análise, mais

fidedignos são considerados os resultados. E também é pertinente englobar os projetos complementares (elétrico, hidrossanitário e estrutural), onde estes já trazem particularidades quando todos são compatibilizados na realização dos projetos e, ao partir para o ambiente de obra, oferecem mais desafios ao executor, e o avaliador consegue maiores insumos para análise.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O FMEA tem por objetivo avaliar possíveis riscos e falhas de um sistema. Para esta pesquisa a ferramenta da qualidade, que tradicionalmente é usada na Engenharia de Produção foi adaptada para a Engenharia Civil, pois se percebeu o quanto o propósito da ferramenta pode se tornar aliada para a busca de excelência na relação entre projeto e execução.

Trazer a ferramenta para a análise de serviços oferecidos por uma empresa júnior, consegue dar maior importância ao tema, pois estreita os laços entre a sociedade e os alunos que saem das universidades. Na medida em que, dentre os objetivos de uma EJ encontra-se a busca do crescimento profissional do aluno que colabora impactando com o desenvolvimento da sociedade, este vem ao encontro do tema proposto pelo estudo, que é a busca da alta qualidade na entrega de projetos, levando em conta aspectos práticos e teóricos.

Apesar do número reduzido de projetos, pode-se dizer que os objetivos do trabalho foram alcançados, pois se avaliou as falhas dos projetos cedidos para a pesquisa, se estabeleceu as diretrizes para a minoração das falhas e se propôs soluções para as falhas que ocorreriam na obra, as chamadas medidas de controle.

A conclusão geral do trabalho foi que, mesmo com o surgimento de novos softwares para o setor da construção civil e de inovações para a execução em obra, existem pontos que só podem ser solucionados e considerados totalmente aptos para a execução quando o projetista consegue alinhar seu pensamento com os desafios que ocorrem no dia a dia da obra. E mais do que isso, quando ele consegue abranger as necessidades do usuário, com o executor e com as normativas do setor. Esse é o maior desafio de quem projeta, fazer a idealização de um projeto que atenda todas as expectativas das partes interessadas.

Por fim, caso existam futuras pesquisas sobre o tema, existe a sugestão da análise de projetos entre várias empresas juniores para fazer uma comparação entre elas, e também fazer uma comparação entre os projetos entregues por uma empresa júnior e uma empresa sênior. Outra proposta é avaliar e comparar as falhas encontradas na fase de projeto, com a utilização de software, como o BIM, e outras tecnologias utilizadas para esta mesma função, por meio do FMEA.

REFERÊNCIAS

AVENI, Alessandro; FERREIRA, Hayanne Rocha. Empreendedorismo social: A inovação do movimento das empresas júnior no Brasil. **Universitas: Gestão e TI**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.77-86, 20 dez. 2016. Centro de Ensino Unificado de Brasília. <http://dx.doi.org/10.5102/un.gti.v6i2.3871>. Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/gti/article/view/3871>>. Acesso em: 19 maio 2019

AVILA, Ticiania Camilo Frigo. **GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVALIAÇÃO DO PROCESSO EM DUAS EMPRESAS CONSTRUTORAS DE FLORIANÓPOLIS**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94647/285686.pdf?sequence=1>> Acesso em 12 nov. 2018.

BALLARD, H.G.. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham – UK, May 2000, Tese de doutorado apresentada ao School of Civil Engineering of Faculty of Engineering of the University of Birmingham, 192. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf>> Acesso em 12 nov. 2018.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O CONCEITO DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**. 2008. 17 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www2.fau.usp.br/cursos/pos/areas/area_tecnologia/aut5828/bt515_desempenh_o_edificios_borges_sabbatani.pdf> Acesso em 12 out. 2018.

BRASIL. Lei nº 13267, de 06 de abril de 2016. **Disciplina a Criação e a Organização das Associações Denominadas Empresas Júniores, Com Funcionamento Perante Instituições de Ensino Superior**.. Brasília, DF, 07 abr. 2016. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13267.htm>. Acesso em: 19 maio 2019.

CERQUEIRA, Uryan Augusto Saviotti. **Métodos QFD e FMEA para o desenvolvimento de novo produto – conceituação e estudo de caso**. 2011. 13 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Presidente Antônio Carlos, Conselheiro Lafaiete, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_139_883_19038.pdf> Acesso em 04 set. 2018.

CHAVES FILHO, Flávio. **AVALIAÇÃO DO CUSTO DE UMA OBRA DEVIDO À FALTA DE UM PLANEJAMENTO ADEQUADO**. 2014. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6412/1/21032163.pdf>> Acesso em 14 out. 2018.

COELHO, Henrique Otto. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível médio prazo na construção civil.** 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5228/000467802.pdf>> Acesso em 13 out. 2018.

CONHEÇA o MEJ. 2019. Disponível em: <<https://brasiljunior.org.br/conheca-o-mej>>. Acesso em: 13 maio 2019.

COSTA, Renan Xavier e Daiane. **Com 1,2 mil empresas juniores, Brasil é líder mundial no segmento:** Negócios gerenciados por universitários devem movimentar R\$ 11 milhões este ano. 2016. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/com-12-mil-empresas-juniores-brasil-lider-mundial-no-segmento-19869385>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

CRUZ, Pedro Maria Vasquez Alves da. **Aplicação do “Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)” na demolição, movimento de terras e execução da estrutura em edifícios.** 2012. 311 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2012. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/4058/1/DM_PedroCruz_2012_MEC.pdf> Acesso em 10 out. 2018.

DUDEK-BURLIKOWSKA, M.. **MONITORING OF THE PRODUCTION PROCESSING IN A METALLURGICAL COMPANY USING FMEA METHOD.** 2017. 6 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Materiais, Silesian University Of Technology, Gliwice, 2017. Disponível em: <<https://content.sciendo.com/abstract/journals/amm/62/4/article-p2089.xml> > Acesso em 04 nov. 2018.

FALCÃO, Antônio Sérgio Galindo. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais.** 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3331/000291631.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 maio 2019.

FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. **Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA.** Revista Gestão e Produção, v. 13, n. 2, p. 245-259, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2006000200007> Acesso em 13 out. 2018.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Metodologia de Pesquisa.** Porto Alegre: Ufrgs, 2009. 120 p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>> Acesso em 03 nov. 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p. Disponível em:

<<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>> Acesso em 03 nov. 2018.

GOMES, A. R.; GOMES JÚNIOR, S.. Aplicação da filosofia Lean Construction para o gerenciamento de obras no município de Itaperuna-RJ. Ingepro, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2009.

GUIMARÃES, Claudio Geraldo. **APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO FMEA PARA GESTÃO DE RISCO EM UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2014. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9WWHNF/monografia_fmea___cl_udio_guimar_es.pdf?sequence=1> Acesso em 19 set. 2018.

HELMAN, H., ANDERY, P. **Análise de falhas; aplicação dos métodos FMEA e FTA**. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 156p.

LANTELME, Elvira Maria Vieira. **PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LEAN SIX SIGMA (Org.). **VOCÊ SABE O QUE É LEAN?** 2018. Disponível em: <<https://produzzi.com/o-que-e-lean/>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

MACHADO, Ricardo Luiz. **A SISTEMATIZAÇÃO DE ANTECIPAÇÕES GERENCIAIS NO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO DE SISTEMAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2003. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84505/193280.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 out. 2018.

MAYR, Luiz Roberto. **FALHAS DE PROJETO E ERROS DE EXECUÇÃO: Uma Questão de Comunicação**. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79218/177370.pdf?sequence=>>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. 2009. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009. Disponível em: <<http://www.prod.org.br/files/v19n2/v19n2a13.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

MIGUÉIS, Bruno Manuel Couto. **APLICAÇÃO DO FMEA A SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO DE VIADUTOS**. 2010. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3853/1/4391.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2018.

MINHA Casa Minha Vida: 56% dos imóveis apresentam falhas de construção: Reportagem mostrou rachaduras, vazamentos e falta de equipamentos em conjuntos habitacionais de todo o Brasil. Reportagem mostrou rachaduras, vazamentos e falta de equipamentos em conjuntos habitacionais de todo o Brasil. 2018. Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/rede-globo-56-dos-imoveis-do-minha-casa-minha-vida-apresentam-falhas-de-construcao/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

MURPHY, Martina; HEANEY, George; PERERA, Srinath. **A methodology for evaluating construction innovation constraints through project stakeholder competencies and FMEA**. 2011. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/14714171111175891>>. Acesso em: 04 set. 2018.

PERGHER, Isaac; RODRIGUES, Luis Henrique; LACERDA, Daniel Pacheco. **Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo lógica no ganho da Teoria das Restrições**. 2011. 13 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Unisinos, São Leopoldo, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2011000400001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 13 maio 2019.

PERALTA, Antonio Carlos. **UM MODELO DO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES, BASEADO NA ENGENHARIA SIMULTÂNEA, EM EMPRESAS CONSTRUTORAS INCORPORADORES DE PEQUENO PORTE**. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84440/188665.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 out. 2018.

PICCHI, F. A. Entrevista. **Revista Técnica**, São Paulo, mar. / abr. 1993

RICHARDSON, Maikon. **Empresa Júnior – o que é? E como funciona?** 2019. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/empresa-junior-o-que-e-e-como-funciona,e3a048ae422fe510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 13 maio 2019.

ROSA, Fabiana Pires. **Perdas na construção civil: diretrizes e ferramentas para controle**. 2001. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5111>>. Acesso em: 13 maio 2019.

SÁNCHEZ, Andrea Cecilia Cruz. **UMA CONTRIBUIÇÃO A COORDENAÇÃO DE PROJETO, NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS: estudo sobre as dependências do processo**. 2008. 329 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Disponível em:

<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS-82GP8S/dissert_andreaccs_2008.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 out. 2018.

SANTOS, Yuri Donegate Lima dos. **ESTUDO DE FALHAS NA FISCALIZAÇÃO DA EXECUÇÃO QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DAS OBRAS DE EDIFICAÇÕES**. 2018. 154 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023209.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**. 2012. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/fmea-processo-analise-modos-falhas-efeitos/>>. Acesso em: 12 out. 2018.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution**. ASQ Quality Press, 2003, 445p.

TAVARES JUNIOR, Wandemberg. **DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA COMPATIBILIZAÇÃO DAS INTERFACES ENTRE ESPECIALIDADES DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES EM EMPRESAS CONSTRUTORAS DE PEQUENO PORTE**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80304/184960.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 set. 2018.

VALE, Mariene Alves do; CÂNDIDO, Ana Clara; ANDRADE, Antonio Rodrigues de. **CONTRIBUIÇÕES DE EMPRESAS JUNIORES PARA O ENSINO UNIVERSITÁRIO**. **Rebecin**: Revista Brasileira de Educação em Ciência da Informação, [s.l.], v. 4, n. 2, p.58-76, jul. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Ana_Clara_Candido/publication/323292535_Contribuicoes_de_empresas_juniores_para_o_ensino_universitario/links/5a8c5e4ca6fdccc1fd4623fa/Contribuicoes-de-empresas-juniores-para-o-ensino-universitario.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

VALERIANO, Dalton L. **Gerência em projetos** – pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.

VANNI, Cláudia Maria Kattah. **ANÁLISE DE FALHAS APLICADA À COMPATIBILIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. 1999. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/AMCN-8A8HRU/cl_udia_maria_kattah_vannidisserta__o_do_mestrado.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 ago. 2018.

FMEA DE PROCESSO												
Identificação do Projeto:			Responsáveis pela equipe de trabalho			Nome/Área		Rúbrica		Data do FMEA:		
ATIVIDADES	TAREFAS	MODO DE FALHA POTENCIAL	POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	SEVERIDADE (S)	POTENCIAIS CAUSAS DA FALHA	OCORRÊNCIA (O)	MEDIDAS DE CONTROLE	DETECÇÃO (D)	NPR	GRAU DE RISCO	MEDIDAS DE CONTROLE ADICIONAIS	
EXECUÇÃO												
Esquadrias												
Instalação hidráulica												
Instalação de esgoto												
Instalação elétrica												
Captação de água pluvial												
Pinturas												
Pavimentação externa												

FONTES: VANNI (1999), MIGUÉIS (2010), TAVARES (2001), CRUZ (2012), GUIMARÃES (2014)