

LEANDRO TUKAMOTO

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE GERENCIAMENTO  
DE RISCO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

São Paulo  
2019

LEANDRO TUKAMOTO

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE  
GERENCIAMENTO DE RISCO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES  
INDUSTRIAIS

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo  
2019

Dedico esta monografia a Deus por me permitir saúde, persistência e discernimento nos estudos.

Aos profissionais da educação da USP que compartilharam seus conhecimentos e seu tempo durante e fora do período de ensinamento.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram, elucidaram e facilitaram a trajetória percorrida até a este momento.

## AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação fosse realizada. A todos deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me permitir saúde, inteligência, persistência e dedicação por percorrer a trajetória até atingir o desenvolvimento e finalização deste trabalho.

Em segundo lugar, destaco a paciência e apoio incondicional de minha mãe Ivete Miyazato e minha companheira Luiza Rey. Obrigado por me darem forças nos momentos em que mais precisei.

A toda equipe e amigos do projeto em Três Rios/RJ, no qual tive a oportunidade de presenciar a prática, e também a aplicação de técnicas que me inspiraram ao tema deste trabalho.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente. Quem sobrevive é o mais disposto à mudança”

(Charles Darwin)

## RESUMO

Durante a década de 2010, notou-se o crescimento da construção civil em edificações industriais devido a programas de incentivo dos governos que atraíram a iniciativa privada de empresas multinacionais para o investimento no Brasil. Assim, os investimentos das empresas exigiam um esforço para um retorno rápido de suas edificações concluídas e prontas para iniciarem as operações da produção. Desta forma, houve o aumento do uso de utilização de elementos estruturais pré-moldados e perfis metálicos como solução dos sistemas estruturais. Porém, esta solução trouxe como cenário na segurança do trabalho o aumento do número de acidentes com riscos fatais devido à série de requisitos que deixam de ser cumpridos e monitorados. Portanto, este trabalho aborda uma análise de ferramentas de gerenciamento de risco, através da metodologia de um estudo de caso real utilizado com a ferramenta FMEA e uma simulação teórica da aplicação da ferramenta *BowTie*. O cenário de aplicação da metodologia é na etapa da construção de uma fábrica de turbinas de avião localizada no estado do Rio de Janeiro. A análise deste trabalho permite diferenciar a aplicação dos recursos das ferramentas conforme a necessidade e a dimensão da operação da atividade, tendo como conclusão a eficiência da ferramenta apropriada para o cenário da construção civil.

Palavras-chave: edificação industrial, ferramentas de risco, pré-moldado, içamento, FMEA, *BowTie*.

## ABSTRACT

During the decade of 2010, it noticed the growth of civil construction in industrial buildings due to government incentive programs that attracted the private initiative of multinational companies for investment in Brazil. Thus, the investments of the companies demanded an effort for a fast return of their concluded buildings and ready to initiate the operations of the production. In this way, there was an increase in the use of However, this solution has resulted in a new scenario of the increase in the number of accidents with fatal risks due to the series of requirements that are no longer met and monitored. Therefore, this monograph addresses an analysis of risk management tools through the methodology of an actual case study using the FMEA tool and a theoretical simulation of the application of the BowTie tool. The scenario of application of the methodology is in the stage of the construction of an aircraft turbine factory located in the state of Rio de Janeiro. The analysis of this monograph allows to differentiate the application of the resources of the tools according to the necessity and the size of the operation of the activity, having as conclusion the efficiency of the appropriate tool for the civil construction scenario.

**Keywords:** industrial construction. risks tools. precast. hoist. FMEA. BowTie

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de modelo de planilha de análise da FMEA.....	20
Figura 2 - Exemplo de critério de detecção (pontuação da eficácia dos controles) de uma FMEA de projeto.....	21
Figura 3 - Modelo de diagramação da ferramenta <i>BowTie</i> .....	23
Figura 4 - Fluxograma da metodologia de pesquisa. ....	24
Figura 5 – Tela inicial do <i>BowTie</i> .....	34
Figura 6 - Gerenciamento integrado de riscos .....	38

## **LISTA DE TABELA**

Tabela 1 - Estabelecimento de critérios ..... 33

## LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Elemento pré-moldado de concreto apoiado sob solo estável e em posição vertical para ancoragem dos ganchos de travamento para o içamento .....	25
Foto 2 - Elemento pré-moldado de concreto apoiado sob solo estável e em posição vertical para ancoragem dos ganchos de travamento para o içamento .....	26
Foto 3 - Status da execução da superestrutura da edificação. ....	27
Foto 4 - Riscos materiais no travamento adequado da peça a ser içada.....	29
Foto 5 - Riscos humanos na sobreposição entre material e colaborador.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>APR</b>	Análise Preliminar de Risco
<b>BTA</b>	<i>BowTie Analysis</i>
<b>DDS</b>	Diálogo diário de segurança
<b>EPC</b>	Equipamento de Proteção Coletiva
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>ETA</b>	<i>Event Tree Analysis</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
<b>FTA</b>	<i>Failure Tree Analysis</i>
<b>MPS</b>	Ministério da Previdência Social
<b>MPT</b>	Ministério Público do Trabalho
<b>NR 11</b>	Norma Regulamentadora de Número 11
<b>NR 18</b>	Norma Regulamentadora de Número 18
<b>NR 35</b>	Norma Regulamentadora de Número 35
<b>NR's</b>	Normas Regulamentadoras
<b>OIT</b>	Organização Internacional do Trabalho
<b>PBQP-H</b>	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
<b>RPN</b>	<i>Risk Priority Number</i>
<b>SIT</b>	Secretaria de Inspeção de Trabalho
<b>SST</b>	Segurança e Saúde do Trabalho

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1 FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE RISCOS .....	17
2.1.1 APR – ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO .....	17
2.1.2 FTA - <i>FAILURE TREE ANALYSIS</i> .....	18
2.1.3 ETA – <i>EVENT TREE ANALYSIS</i> .....	19
2.2 FMEA – <i>FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS</i> .....	20
2.3 BOWTIE .....	22
<b>3 MATERIAIS E METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
3.1 ELEMENTOS ENVOLVIDOS .....	27
3.2 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS MATERIAIS E HUMANOS .....	28
3.3 DOCUMENTAÇÕES E PROCEDIMENTOS .....	31
3.4 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE RISCO .....	32
3.4.1 FMEA .....	32
3.4.2 BOWTIE .....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	36
4.1.1 ANÁLISE BOWTIE.....	36
4.1.2 ANÁLISE FMEA.....	37
4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE A – DIAGRAMA BOWTIE .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO A – PLANILHA FMEA.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento da construção civil em edificações industriais na década de 2010 teve como umas das principais alavancas os programas de incentivo, dos governos, em isenções fiscais que atraíram a iniciativa privada de empresas multinacionais para o investimento no Brasil.

Assim, o setor da construção civil tem passado por um período de grandes obras em andamento devido à retomada de investimentos públicos, e o mercado criou novos modelos de organização e inovações tecnológicas em diversas empresas como forma de se adaptar a estas novas demandas (AMORIM; MELLO, 2009 apud MAIA 2014).

O aumento da demanda na construção civil de pré-moldados e elementos metálicos ocorreu de forma exponencial, e um dos grandes motivos é o fato de que o Brasil esteve no centro das atenções no mundo com os eventos da Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016, período que, em geral, ocorrem grandes construções para a realização desses eventos. Desta maneira, pode-se fazer comparações com a mesma modalidade das construções de edificações industriais, de forma que possuem similaridade devido aos cronogramas minuciosamente monitorados pela imprensa e ao retorno do investimento financeiro privado e/ou público.

A preocupação com a saúde e a segurança do trabalho na construção civil tornou-se um dos enfoques devido ao grande número de acidentes de trabalho e das tragédias divulgadas na imprensa e nas redes sociais. Destaca-se, nos últimos anos, o acidente da queda do guindaste durante a construção da Arena Corinthians, sede de abertura da Copa do Mundo de Futebol em 2014.

Os acidentes de trabalho no país já causaram a morte de 653 pessoas em 2018. Os dados são do Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, do Ministério Público do Trabalho (MPT) e da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e consideram apenas os casos que foram comunicados ao Ministério do Trabalho. (CIPA, 2018).

O setor da construção civil sempre se caracterizou por possuir riscos que a todo tempo estão em fase de transformação, o que desafia a melhoria nas condições de segurança do trabalho. Exemplos destas transformações são encontrados em processos e instalações, tempo, custos e emprego de intensiva mão-de-obra, juntamente a más condições do ambiente de trabalho. (NASCIMENTO, 2002 APUD MAIA 2014).

Em 2011, foram registrados 59.808 acidentes de trabalho no setor da construção civil, de acordo com os dados estatísticos do Ministério da Previdência Social (MPS). Comparados aos dados de 2010, pode-se notar um crescimento de 6,9% no número de acidentes. (ACS/D.M.S, 2013).

No Brasil, a Norma Regulamentadora de número 18 (NR 18 – Condições e Meio de Trabalho na Construção Civil) é utilizada como referência e direcionamento das condições de preparo para o início das atividades e para a prevenção de acidentes, e dispõe das condições de trabalho e operação do colaborador na construção civil.

Um dos fatores mais significantes na ocorrência de acidentes de trabalho na construção civil não é a falta de normas e exigências aplicáveis, e sim, a indicação da falta de preparo e capacitação de gestores, engenheiros e mestres de obras em conjunto com a inexistência de um sistema de gestão integrado de segurança e saúde do trabalho, e divulgação de política de gestão de segurança.

A construção civil possui um alto índice de acidentes graves e fatais. Somente no ano de 2006, 33,3% dos casos foram registrados como referentes às ocorrências com lesões mais graves ou que resultaram em algum tipo de incapacidade ou redução de capacidade de trabalho (ZARPELON; DANTAS; LEME, 2008 apud MAIA 2014).

Assim, o desenvolvimento e a análise de técnicas de gerenciamento de risco são importantes e possuem como alvo a redução de acidentes de trabalho, pois um sistema de ferramentas que pode ser totalmente aplicado oferece mais recursos

importantes para se eliminar o risco quando exercido de maneira antecipada. (AMARILLA; CATAI; HOLLEBEN, 2012 apud MAIA 2014).

## 1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar a análise das ferramentas de gerenciamento de risco para a atividade de içamento de elementos de concreto pré-moldado na construção de edificação industrial.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à importância da construção civil para o desenvolvimento econômico e social do país, a gestão de risco para a redução dos acidentes é de fundamental relevância, bem como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e ferramentas que contribuem para a redução e eliminação de acidentes, e que impactam na melhoria do setor da construção civil.

A FMEA e o *BowTie* tiveram, ao longo do tempo, intensa aplicação e uso, especialmente nas operações fabris, o que fez com que ambas as ferramentas adquirissem melhorias nas técnicas desenvolvidas. Com isso, pode-se aplicá-las também ao setor da construção civil a partir da identificação de riscos e adoção de medidas que tenham por objetivo a redução, eliminação e mitigação destes riscos através dos fatores de risco dos conhecimentos da equipe de campo, administração e engenharia.

O autor deste trabalho tem atuação profissional no setor de construção civil, o que caracteriza a escolha do tema. Em específico, as ferramentas de análise de risco compõem um campo a ser muito explorado nas construções, o que traz motivações na aplicação do tema.

Por fim, o autor teve a oportunidade de vivenciar a aplicação de uma das ferramentas de gerenciamento de risco durante a fase de construção, e desta forma aplica a experiência em parte deste trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O gerenciamento de riscos é indispensável para um bom controle de projeto, tornando-se assim, uma ferramenta importante na segurança do trabalho na construção civil através da utilização de recursos que possam ajudar no desenvolvimento do controle de riscos.

Na construção civil, a NR 18 (condições e meio de ambiente de trabalho na indústria da construção) estabelece as diretrizes de ordem administrativa, de planejamento, de organização, e de implementação e execução de medidas de controles e preventivos de segurança. (BRASIL, 1978)

Parte do conteúdo da NR 18 aborda as medidas de proteção de risco contra quedas de altura e movimentação e transporte de materiais e pessoas, apresentando portanto, um bom caderno para traçar o início das prevenções mínimas a serem utilizadas na construção civil.

Assim, a análise de gerenciamento de riscos torna-se importante para apropriar, desenvolver, ampliar e melhorar as medidas estabelecidas na NR 18 para as condições dos ambientes de execução da obra, implementando procedimentos de engenharia que garantam realmente a segurança e a prevenção do acidente de trabalho.

No que diz respeito ao movimento e transporte de elementos pré-moldados na construção civil, há a NR 11 (transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais). Esta é a norma guia que estabelece procedimentos e inspeções de segurança para a utilização de equipamentos auxiliares de transporte de materiais (BRASIL, 1978).

A NR 11 divulga as condições de verificações de equipamentos, as habilitações de operadores, as condições de armazenamento de materiais, e que são complementadas pelas ferramentas de análise de gerenciamento de riscos através da adequação dos recursos no ambiente da construção civil.

Tanto a NR 18 quanto a NR 11 são de fundamental importância para o apoio nas medidas preventivas das atividades de içamento na construção civil por possuírem uma abordagem para diversos casos e situações. Assim, as ferramentas de gerenciamento de risco são essenciais na apropriação dos recursos e condições da construção para tornar-se de forma efetiva a aplicação das medidas normativas e medidas complementares para a prevenção e redução de acidentes.

Portanto, os estudos no segmento de segurança do trabalho, baseados em revisões bibliográficas e análise de ferramentas de riscos, são de suma importância, pois apoiam as NR's para uma aplicação de metodologias eficazes reduzindo lacunas em processos, e consequentemente, realizando a redução ou eliminação no risco de acidentes nos processos.

Neste trabalho, serão abordadas de forma sucinta as ferramentas de gerenciamento de riscos, por se fazerem necessárias ao entendimento devido ao fato de que tais ferramentas evoluíram historicamente e caracterizaram outras ferramentas atuais.

## 2.1 FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

Na sequência, e para entendimento da aplicação deste trabalho e das ferramentas, serão abordadas de forma sucinta as técnicas das ferramentas: APR – Análise Preliminar de Risco, por ser uma ferramenta de âmbito e uso fundamental na construção civil; FTA - *Failure Tree Analysis* (Análise de Árvore de Falhas); e ETA - *Event Tree Analysis* (Análise de Evento de Falhas). Essas três ferramentas são as bases de formação da ferramenta *BowTie*.

### 2.1.1 APR – Análise Preliminar de Risco

A Análise Preliminar de Risco, conhecida como APR, é uma das técnicas mais utilizadas para os procedimentos de segurança no trabalho no setor de construção civil.

A APR foi desenvolvida através da necessidade do departamento de defesa dos Estados Unidos para estabelecer padrões de transporte e armazenamento de armamento militar devido à característica de alto grau de periculosidade (CHAVES, 2016).

A técnica é elaborada e desenvolvida pela equipe de segurança do trabalho da obra, a ferramenta possui formato de planilha que é preenchida com as indicações dos riscos identificados nos ambientes de trabalho conforme o cenário da atividade, estabelecimentos de procedimentos que visam a segurança, prevenção de acidentes causados por falhas mecânicas ou humanas, e orientação e capacitação da equipe quanto ao risco da atividade.

A construção civil tem os seus ambientes de riscos sempre em transformação, e com isso, os riscos se alteram. Assim, a APR, por ser uma técnica de ágil preenchimento pela equipe de gestão de segurança, é uma ferramenta que se adaptou muito bem no setor.

Entretanto, é uma ferramenta de segurança do trabalho que não se desenvolveu em termos técnicos, pois na prática, e em muitas ocasiões, possui apenas caráter de atendimento e cumprimento de normas, muitas vezes pelo motivo da falta de cultura e maturidade em segurança do trabalho das empresas.

### **2.1.2 FTA - *Failure Tree Analysis***

A Análise de Árvore de Falhas – AFF (*Failure Tree Analysis* – FTA) foi desenvolvida por H.A. Watson, na década de 1990, para os laboratórios *Tell Telephone*, para o projeto do míssil *Minuteman*, e posteriormente, foi aperfeiçoada e utilizada para projetos aeronáuticos da *Boeing*. (SERPA, 2001b apud Portal Educação, 2000).

A FTA é aplicada amplamente para trabalhos investigativos pós-acidentes na construção civil, visto que o setor possui seus riscos sempre passando por transformações devido a modificações dos ambientes que possuem as variáveis de risco, condições climáticas e capacitação da equipe de campo.

Portanto, a FTA possui um caráter de difícil aplicabilidade no âmbito de prevenção de acidentes na construção civil, ou seja, é mais eficaz quando a ocorrência já aconteceu, servindo como ferramenta de investigação do erro para identificar causas e motivos que levaram ao acidente.

Contribuindo para a dificuldade de utilização no setor, a metodologia da FTA consiste no desenvolvimento de um processo lógico e dedutivo, e com diversas variáveis comportamentais humanas, o que a torna uma ferramenta inviável se for aplicada em conjunto com outras ferramentas de gerenciamento de riscos.

### **2.1.3 ETA – *Event Tree Analysis***

A ferramenta *Event Tree Analysis*, ou conhecida em português como a Análise de Árvore de Eventos, não possui registro definido de quando foi desenvolvida, mas sua aplicação se tornou de grande uso na década de 1970, particularmente nas indústrias química, petroquímica e nuclear. (USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

A aplicação da ferramenta pode ser determinada a partir de dois princípios, o de sucesso ou de falha. Contudo, as formas de aplicação para os dois princípios ocorrem de forma similar, que é através da fixação do evento estabelecido, e a partir dele, ocorrem os desdobramentos dos efeitos e causas. Ou seja, a ETA é desenvolvida de uma hipótese ou de uma real ocorrência, trilhando nos eventos que poderia ter evitado.

Portanto, a ETA possui recursos moldados para a condução do uso da ferramenta, o que a torna inviável para aplicação de forma única na construção civil, pois traz uma dificuldade no monitoramento e gestão das transformações dos riscos nas características da construção civil.

## 2.2 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

A FMEA teve sua origem nos Estados Unidos em 9 de novembro de 1949 em meio a operações militares. A ferramenta foi utilizada como técnica de avaliação da confiabilidade para determinar efeitos e falhas em equipamentos e seus sistemas. As falhas foram classificadas conforme seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal e equipamentos. (KINETIC LLC, [1996-2008])

Atualmente, a FMEA é uma das técnicas mais utilizadas em qualidade e segurança devido a sua capacidade de determinar a confiabilidade de um sistema, pois permite identificar possíveis falhas dos componentes de um sistema, e avaliados de forma individual, prever efeitos de falhas que impactam em outros componentes do sistema. (USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

A metodologia de aplicação da FMEA é semelhante à APR, ou seja, através de formulário, o que torna uma opção de aplicação no ambiente da construção civil.

Segundo HAWKINS e WOOLLONS (1998), uma das maiores críticas a respeito do uso da FMEA é o tempo consumido, e este problema tem sido amenizado com o uso de planilhas e softwares que automatizam a ferramenta (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de modelo de planilha de análise da FMEA.

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS															
Item: Modelo: Equipe:			Responsável: Elaborado por:			No. da FMEA: Página: Data:			Rev:						
Função no Processo	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	Causas ou Mecanismos Potenciais da Falha	Ocor	Controles Atuais do Processo	Det	NPR	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo Final	Resultados das Ações				
											Ações Tomadas	Sev	Ocor	Det	NPR

Fonte: USP Universidade de São Paulo (2018)

A FMEA também é caracterizada por ser uma ferramenta quantitativa através do recurso de adoção de critérios de detecção de modo a pontuar conforme a eficácia dos controles implementados no projeto, e indicando os índices de severidade. A Figura 2 representa um exemplo de matriz de critérios.

Figura 2 - Exemplo de critério de detecção (pontuação da eficácia dos controles) de uma FMEA de projeto.

<b>Detecção</b>	<b>Critério: Probabilidade de Detecção pelo Controle de Projeto</b>	<b>Índice de Severidade</b>
Absoluta incerteza	Controle de Projeto não irá e/ou não pode detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha; ou não existe controle de Projeto.	10
Muito remota	Possibilidade muito remota que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	9
Remota	Possibilidade remota que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	8
Muito baixa	Possibilidade muito baixa que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	7
Baixa	Possibilidade baixa que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	6
Moderada	Possibilidade moderada que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	5
Moderadamente alta	Possibilidade moderadamente alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	4
Alta	Possibilidade alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	3
Muito alta	Possibilidade muito alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	2
Quase certamente	O Controle de Projeto irá quase certamente detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	1

Fonte: FMEA-FMECA.COM, (2006)

Entretanto, mesmo com o uso de softwares para aumentar a agilidade do desenvolvimento da FMEA, a de mão-de-obra qualificada para a manipulação da ferramenta é essencial durante as etapas de preenchimento e análise dos resultados que impactam na qualidade e eficiência da aplicação da ferramenta.

### 2.3 BOWTIE

Conhecida como diagrama de borboletas, acredita-se que a ferramenta *BowTie* tenha sido desenvolvida pela indústria química na década de 1970, sendo seus primeiros registros da aplicação da técnica em 1979, na Universidade de *Queensland*, na Austrália. A ferramenta teve sua disseminação na década de 1990, após o desastre da plataforma *Piper Alpha* em 1988 (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2000.)

Mais tarde, no início da década de 1990, o grupo *Shell* adotou o *BowTie* como a ferramenta padrão da empresa para analisar e gerenciar seus riscos. O grupo investiu em pesquisas na aplicação da ferramenta visto que sua principal motivação era a necessidade de garantir controles para os riscos em suas operações. Na década de 2000, o *BowTie* passou a ser utilizado nas indústrias de óleo e gás, aeronáutica, mineração, marítima, e em outros segmentos. (USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

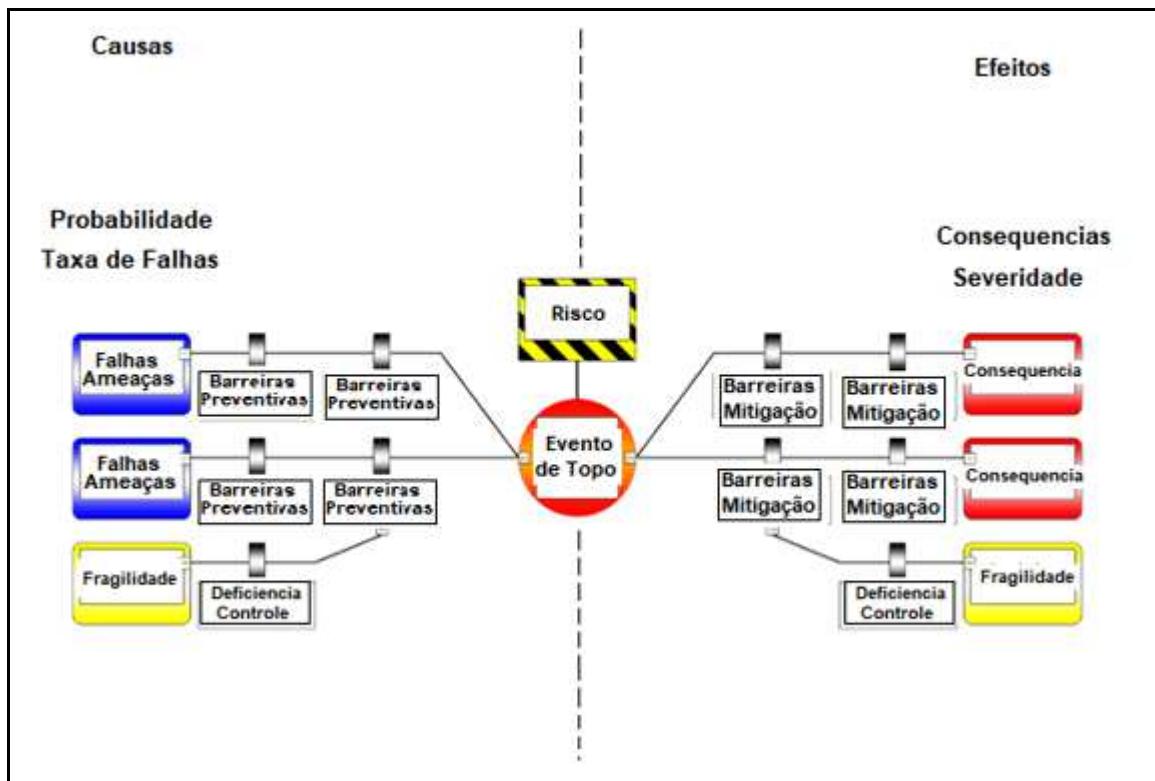
O *BowTie* é uma ferramenta com um ponto de vista versátil, pois permite visualizar, na construção das etapas, as ameaças e as medidas preventivas para a não ocorrência do evento indesejado, e pode ser aplicada tanto para um microcenário como para um macrocenário. A ferramenta possui também um destaque para a diferenciação entre as fases de prevenção e reação.

Um ponto de destaque para a ferramenta é a sua forma de visualização similar a um fluxograma gerencial de ações, tornando-se uma ferramenta didática para treinamentos de forma objetiva. Além disso, ajuda de forma sistemática a organizar os fatores para uma tomada de decisão.

O *BowTie* também pode ser utilizado para determinação de probabilidades de um evento ocorrer e ser atingido, podendo ser aplicado na implantação de programação de gestão de riscos por se tratar de uma ferramenta eficiente para assessorar nos trabalhos de engenharia de confiabilidade (BARBOSA, 2018).

Na Figura 3, visualiza-se o modelo genérico da diagramação do *BowTie*.

Figura 3 - Modelo de diagramação da ferramenta *BowTie*.



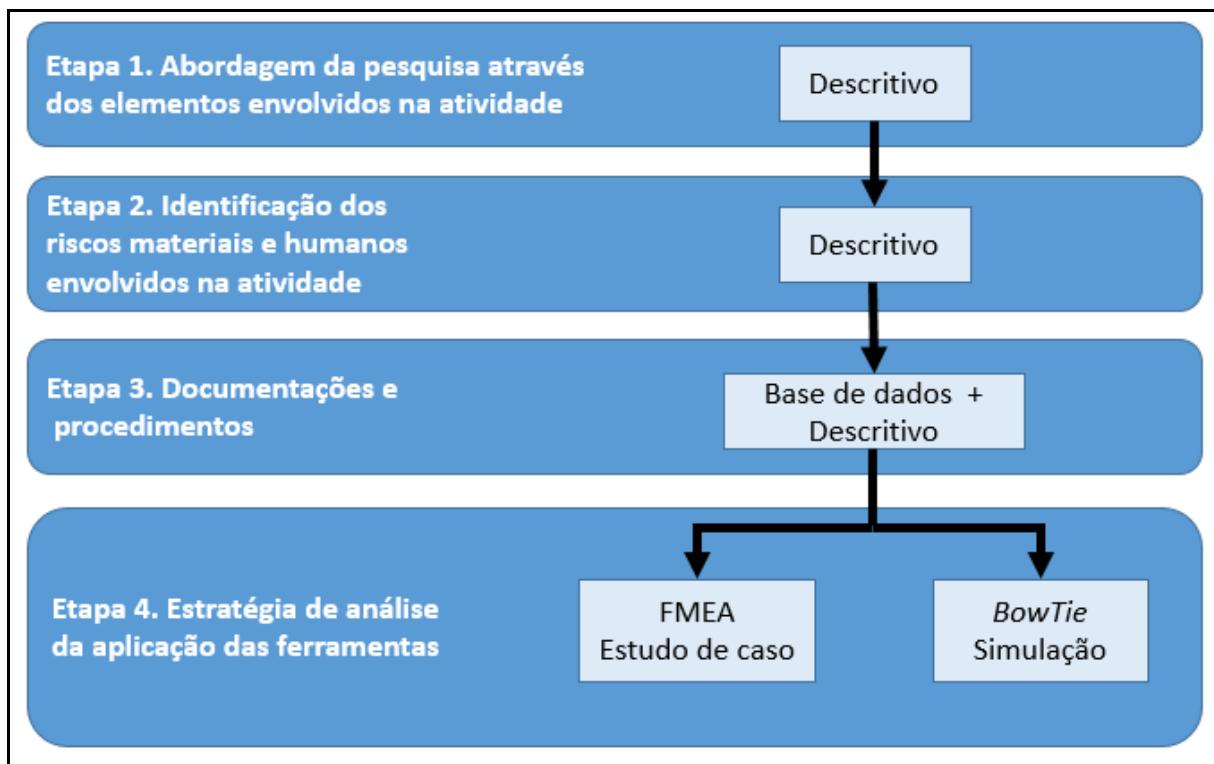
Fonte: Barbosa (2018)

### 3 MATERIAIS E METODOLOGIA

Para este trabalho, é abordada uma análise das ferramentas de análise de risco de um estudo de caso prático através da FMEA e um teórico simulador através do *BowTie*.

A Figura 4 representa o fluxo das etapas adotado no desenvolvimento da metodologia.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia de pesquisa.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

O estudo de caso prático situa-se na construção da fábrica de uma empresa multinacional do segmento de aviação situada no estado do Rio de Janeiro. A construção é localizada no município de Três Rios, porém afastada da zona urbana da cidade e situada às margens da rodovia BR 393.

Em uma das etapas da construção, ocorreu a atividade de içamento de elementos pré-moldados para montagem da fachada da edificação, e através da ferramenta da

FMEA foi realizada a análise de gerenciamento de riscos, sendo objeto do estudo de caso na metodologia deste trabalho.

Foto 1 - Elemento pré-moldado de concreto apoiado sob solo estável e em posição vertical para ancoragem dos ganchos de travamento para o içamento



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Foto 2 - Elemento pré-moldado de concreto apoiado sob solo estável e em posição vertical para ancoragem dos ganchos de travamento para o içamento



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A ferramenta *BowTie*, pela sua versatilidade de aplicação e seus recursos, é utilizada como ferramenta para o estudo teórico simulador, e sua escolha se dá principalmente pela sua forma de apresentação didática no formato de diagrama, o que facilita a comunicação e treinamentos.

As informações abordadas nas etapas 1, 2 e 3 são de uso comum para ambas as ferramentas em destaque nesta etapa do trabalho, portanto, a FMEA e o *BowTie* possuem a mesma base de dados para a aplicação.

### 3.1 ELEMENTOS ENVOLVIDOS

A atividade de içamento na construção civil é de amplo uso e prática, principalmente quando se trata de uma edificação industrial, pois esta atividade ocorre tanto por questões das dimensões de elementos que compõem uma estrutura ou equipamento, quanto pela agilidade das tarefas em termos de solução de prazo para cronogramas.

Foto 3 - Status da execução da superestrutura da edificação.



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Por meio da Foto 1, identificam-se dois tipos de equipamentos de içamento distintos: uma grua e dois guindastes. Assim, observa-se que cada tipo de equipamento foi analisado e escolhido devido ao sistema estrutural a ser içado. A seguir, estão relacionados os equipamentos com os tipos de sistema estrutural.

- Guindastes → içamento de elementos estruturais metálicos, como vigas, pilares e tirantes de contraventamento;

- Grua → içamento de sistema estrutural de formas de madeira montadas *in loco* sobre a superfície no nível do terreno, e para posterior içamento, posicionamento e travamento para a etapa de concretagem. O sistema estrutural ganha níveis de altura cada vez mais altos conforme a evolução das etapas até atingir a altura de projeto da edificação.

Além dos equipamentos envolvidos citados acima, há os elementos e fatores:

- Peças a serem içadas;
- Plataforma elevatória articulada ou vertical para a mão-de-obra;
- Veículos de transporte de material;
- Logística de entrega do material até a obra;
- Regularidade da superfície do terreno da obra para o trajeto do veículo;
- Descarregamento e posição do estoque dos materiais na obra;
- Equipe para recebimento do material;
- EPC's: cones, cavaletes, fita zebrada e cerquites;
- EPI's: capacete com jugular, óculos, colete sinalizador, cinto de segurança com talabartes individuais, bota com biqueira e luvas;
- Ferramentas: parafuso, torquímetro, solda e cordas.

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS MATERIAIS E HUMANOS

A identificação de riscos é uma etapa de fundamental importância, e que independe da escolha da ferramenta de análise de risco a ser utilizada. Durante esta etapa, utilizam-se os conceitos teóricos das equipes de segurança do trabalho e engenharia, e também dos colaboradores de campo designados para as atividades específicas através da contribuição das experiências vivenciadas. Assim, para esta etapa, é exigida a fundamental participação da gerência da obra para a indicação e seleção dos colaboradores a participarem desta etapa.

Foto 4 - Riscos materiais no travamento adequado da peça a ser içada.



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Por meio da Foto 4, identificam-se os riscos materiais e fatores:

- Equipamentos dentro da validade de inspeção;
- Queda de material em mesmo nível e diferente nível;
- Travamento adequado e seguro dos elementos dos sistemas estruturais durante o içamento;
- Transporte interno do material para as proximidades do local de execução;
- Quadros elétricos bloqueados;
- Sistemas elétricos com autoproteção;
- Nível de combustível do equipamento;
- Derramamento em solo;
- Tombamento de equipamento;
- Qualidade de materiais acessórios: cordas, ganchos, cabos de aço, cintas, correntes e outros acessórios de conexões.

Foto 5 - Riscos humanos na sobreposição entre material e colaborador.



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Por meio da Foto 5, identificam-se os riscos humanos e fatores:

- Sobreposição de materiais em içamento e colaboradores;
- Carga horária excedida;
- Queda de altura em mesmo nível e diferente nível;
- Inspeção dos travamentos dos EPI's e EPC's;
- Impacto de colaboradores contra objetos parados ou em movimento;
- Impacto sofrido por colaborador de objeto que cai em outras formas;
- Prensamento de membro.

### 3.3 DOCUMENTAÇÕES E PROCEDIMENTOS

Os documentos e procedimentos são elaborados tecnicamente por meio das equipes de engenharia e segurança do trabalho, e são de fundamental importância e eficiência desde que seguidos e cumpridos pela equipe de campo para o efeito positivo no resultado da prevenção.

Alguns planos são de necessário desenvolvimento conforme as exigências e restrições dos equipamentos e seus riscos. Os documentos desenvolvidos passam pela etapa de aprovação pela gerência, e são divulgados para todos os integrantes do campo envolvidos na atividade específica e também nas atividades vizinhas. Muitas vezes, as documentações são aplicadas em treinamentos para capacitar a equipe e para que não ocorra dúvidas nas etapas dos procedimentos estabelecidos. A seguir, seguem as documentações e procedimentos para a etapa de içamento:

- DDS – Diálogo diário de segurança;
- Plano de sinalização e comunicação;
- Planos de montagem e desmontagem;
- Procedimento de isolamento de áreas;
- Plano de *Rigging* – procedimento de içamento;
- Verificação de treinamento, integração e testes de proficiência;
- Verificação dos certificados de aferição de materiais;
- Controle de entrega de EPI's;
- Planilha de registro de pressão arterial para trabalho em altura;
- *Check list* de guindastes, EPI's e acessórios de içamento;
- *Check list* de procedimentos de travamento das estruturas;
- *Housekeeping* – organização da área;
- Auditoria comportamental e registro de desvio por colaboradores;
- Realização de reuniões de planejamento antes do início da atividade;
- Termos Política de Álcool e Drogas zero;
- Termo de Compromisso e Ciência - Regras de Política de Tolerância Zero.

### 3.4 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE RISCO

#### 3.4.1 FMEA

A planilha da FMEA deste trabalho tem sua origem do estudo de caso real, e portanto foi preenchida pela equipe de engenharia e segurança do trabalho, ver ANEXO A. Entretanto, na sequência é detalhada a estratégia que foi utilizada na sua aplicação.

A FMEA foi preenchida de forma a utilizarmos as informações levantadas e analisadas durante as etapas apresentadas neste trabalho: 3.1 Elementos envolvidos; 3.2 Identificações de riscos materiais e humanos; e 3.3 Documentos e Procedimentos

Para cada campo da planilha, há informações que são categorizadas conforme a indicação do modelo da planilha em:

- Processo ou etapa da atividade;
- Falha potencial;
- Efeitos da falha potencial;
- Causas potenciais;
- Controles de prevenção;
- Detecção de controles;
- Ações recomendadas;
- Severidades, ocorrência e detecção resultando em Número de Risco Prioritário.

Este último item trata de uma análise quantitativa em que há uma numeração estabelecida conforme critério de falhas, ocorrências de detecção, e sendo o RPN (*Risk Priority Number*) como o cálculo da multiplicação destes três fatores. Na tabela 1, visualiza-se o estabelecimento de critérios de pontuação utilizado.

Tabela 1 - Estabelecimento de critérios

Critério de pontuação
<b><u>Gravidade</u></b> é o quanto "ruim" seria a lesão se houvesse uma falha <b>(1 = muito baixa ou nenhuma, 3 = moderada ou significativa, 9 = muito alta ou catastrófica).</b>
<b><u>Ocorrência</u></b> é a probabilidade do defeito ocorrer <b>(1 = remoto, 3 = moderado, 9 = muito alto)</b>
<b><u>Detecção</u></b> é a probabilidade de seus controles detectarem o defeito caso ocorra <b>(1 = sempre detectado, 3 = moderado, 9 = nunca detectado)</b>
<b><u>Multiplique as classificações para obter o Número de prioridade de risco (RPN) para o modo de falha.</u></b>

Fonte: Empresa estudo de caso

Devido à dimensão da planilha do estudo de caso, e visando a melhor aplicação dos *layers* para apresentação e o bom entendimento deste trabalho, a planilha da FMEA preenchida do estudo de caso real deve ser consultada no ANEXO A.

Após o preenchimento da planilha FMEA, é possível analisar as tarefas de maior risco de prioridade para serem tomadas as ações de medidas de proteção e prevenção, e sequenciar o preenchimento com as possíveis e cabíveis ações recomendáveis para cada situação.

Portanto, a sequência da etapa de uso da ferramenta ocorrerá através da análise, discussões de aplicações, vantagens e desvantagens, e para a decisão da escolha do uso da ferramenta mais adequada para o cenário de aplicação.

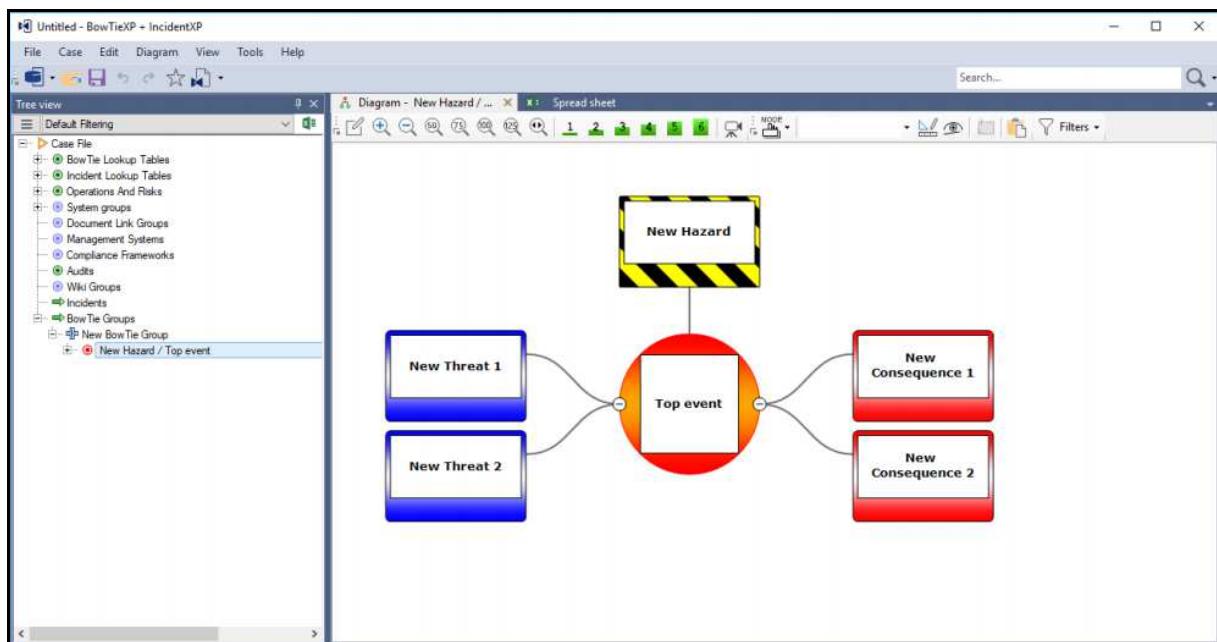
### 3.4.2 *BOWTIE*

A aplicação da ferramenta *BowTie* foi realizada a partir da etapa de download do software através do site [www.cgerisk.com](http://www.cgerisk.com), e na sequência, foi realizado um cadastro

gratuito, no qual, após o início da instalação, é fornecido via email um *free trial number* para a conclusão da instalação do *software* na sua versão de teste gratuita.

Realizado a instalação do *software*, em sua tela inicial mostra o padrão básico do diagrama para o início do desenvolvimento através da introdução as informações levantadas nas etapas 1) Elementos envolvidos, 2) Identificação de riscos materiais e humanos, e 3) Documentos e Procedimentos.

Figura 5 – Tela inicial do *BowTie*



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Para cada campo, há informações a serem preenchidas, e que são categorizadas conforme a indicação do modelo do diagrama em:

- Evento Topo;
- Novo Perigo;
- Nova(s) Ameaça(s).
- Barreira(s) de Controle das Ameaças;
- Fatores de Progressão das Barreiras das Ameaças;
- Nova(s) consequência(s);
- Barreira(s) de Controle das consequências;

- Fatores de Progressão das Barreiras das Consequências.

Assim, após o desenvolvimento e preenchimento do diagrama a partir dos mesmos dados do caso real prático, temos o *layout* completo que se encontra no APÊNDICE A devido à disposição visual do diagrama, e também afim de buscar o melhor entendimento visual da aplicação.

Portanto, o resultado final do diagrama apresentado no APÊNDICE A, demonstra que o sistema é mais proativo pois há maior quantidade de ameaças que possam ocasionar a ocorrência do evento (blocos azuis à esquerda) do que consequências (blocos vermelhos à direita).

Além disso, é possível analisar as barreiras de controle para a mitigação dos riscos desde a ameaça prioritária até os riscos controláveis, e assim, aplicar as medidas cabíveis para cada barreira de controle das consequências também.

Através do entendimento e recursos aplicados no *BowTie*, segue-se para o próximo capítulo com as análises, discussões de aplicações, vantagens e desvantagens, para a escolha de uso da ferramenta adequada para o cenário de aplicação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ANEXO A e o APÊNDICE A apresentam, através de seus *layouts*, claramente as diferenças das técnicas *BowTie* e FMEA, porém ambas as ferramentas podem ser aplicadas como gerenciamento de risco em quatro camadas, sendo: 1) análise macro de risco, 2) análise específica de risco, 3) gestão de risco de tarefa e 4) etapa de gerenciamento contínuo.

Assim, as formas de executar e aplicar as ferramentas são independentes de uma camada para outra, pois as informações requerentes e nível de detalhamento diferenciam-se para cada tipo de cenário e dimensão, com o objetivo de eliminar ou reduzir o risco.

#### 4.1.1 ANÁLISE *BOWTIE*

A ferramenta *BowTie*, pela sua versatilidade de aplicação, possibilita uma participação maior por parte dos colaboradores da construção civil, e é possível atingir na plenitude o resultado positivo no gerenciamento de risco quando há a participação de todos os envolvidos no processo de operação de içamento de materiais, e desde que os procedimentos estabelecidos sejam cumpridos na operação em campo.

Conforme apresentado o estudo simulador do diagrama *BowTie* no APÊNDICE A, o autor acredita na larga vantagem da ferramenta através do envolvimento da equipe durante a etapa de desenvolvimento das atividades, pois a maneira de aplicação permite que desde os colaboradores mais técnicos até os colaboradores de campo participem contribuindo com a visão de risco e experiências de lições aprendidas anteriormente.

Outro resultado extraído pelo autor é na aplicação do *BowTie* para cenários específicos da construção civil, o que a torna muito válida por atingir outras esferas

além dos temas técnicos, dado que, na construção civil, culturalmente, a maioria dos colaboradores de campo não possui formação de estudos. Devido às características das informações e análises do *BowTie*, este pode ser representado de forma similar à APR, que é tradicionalmente aplicada na construção civil para identificação de riscos das atividades.

Entretanto, se o *BowTie* aplicado em outros segmentos, especialmente aqueles com grande número de procedimentos fixos, como unidades operacionais, a ferramenta pode se tornar um dificultador burocrático no gerenciamento de risco, resultando em diagramas complexos de grandes proporções. Nestes casos, detalhes importantes podem passar despercebidos durante a análise, o que caracteriza um desempenho insatisfatório da ferramenta, se considerado seu objetivo principal, que é a prevenção de acidentes.

#### **4.1.2 ANÁLISE FMEA**

Através da planilha FMEA do estudo de caso que se encontra no ANEXO A, o autor entende que a mão-de-obra qualificada é exigida durante a análise das atividades desenvolvidas para os apontamentos dos riscos para cada etapa, pois a ferramenta envolve os documentos de engenharia, planos de *Rigging* e planos de montagem que precisam ser entendidos pelos usuários para o procedimento de mitigação de riscos e implementação de criticidade, severidade e riscos, conforme campos a serem preenchidos no formulário base da FMEA.

Portanto, percebe-se que nem todo e qualquer colaborador da construção civil está capacitado para a contribuição do desenvolvimento da planilha FMEA, o que a torna uma desvantagem da ferramenta, pois os variados conhecimentos operacionais e técnicos, desde do operador de guindaste até o engenheiro de obras, não possibilita unir as visões de riscos nesta ferramenta devido às limitações dos conhecimentos do grupo de usuários específicos durante a aplicação da técnica FMEA.

Entretanto, o autor considera uma excelente vantagem da FMEA a sua forma de apresentação como matriz de risco, o que permite e facilita o gerenciamento de risco

de uma unidade operacional, visto que para cada tipo de risco indicado na ferramenta, é possível atribuir os nomes dos colaboradores responsáveis por realizar a gestão de risco de cada subatividade, e complementadas a partir do planejamento semanal de acompanhamento de evolução dos controles implantados.

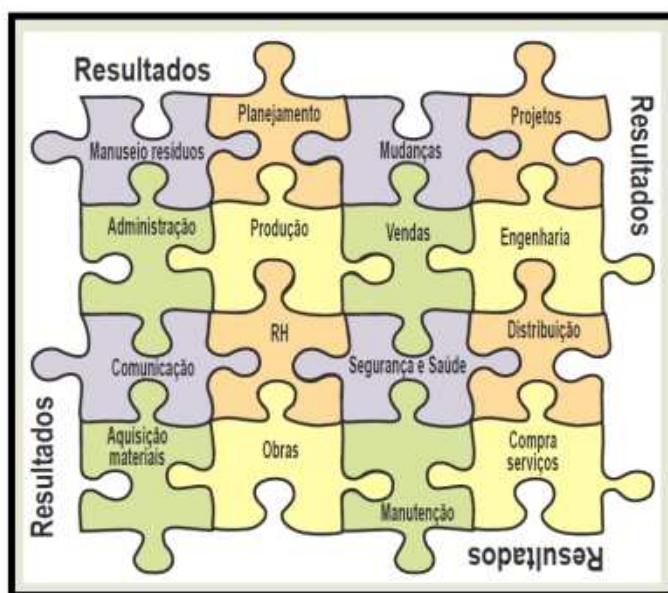
Desta forma, pode-se visualizar divisões de grupos responsáveis para a gestão de risco para cada atividade, cabendo a estes grupos as decisões administrativas para a prevenção e controle dos eventos.

#### 4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além do cumprimento da metodologia de aplicação da ferramenta, o *BowTie* pode atingir, ao mesmo tempo, a esfera psicológica da motivação humana, por envolver e engajar as equipes de diversas hierarquias no momento das discussões das análises de riscos, medidas de prevenção e controle de barreiras a serem implantados na ferramenta.

Assim, representa-se na Figura 6, a relação de todos os setores conectados uns aos outros para atingir o objetivo em comum.

Figura 6 - Gerenciamento integrado de riscos



Fonte: USP Universidade de São Paulo (2018)

Entretanto, em situação contrária, ou seja, quando os setores não estão conectados uns aos outros, aumenta a probabilidade do evento indesejado ocorrer.

Dessa maneira, o autor considera que o *BowTie* também possui a vantagem de um entendimento melhor através de seu formato de diagrama, que pode ser aplicado em forma de interação durante os treinamentos e capacitação das equipes de campo. Quebrando, assim, as barreiras na comunicação na construção civil, que vem passando por uma forte terceirização de serviços no setor.

## 5 CONCLUSÃO

O estudo de caso de içamento de materiais na construção civil permitiu concluir ao autor que o *BowTie* é a ferramenta mais apropriada devido à abordagem em cenários específicos para o gerenciamento de risco, e ao mesmo tempo, ter a possibilidade de atingir a esfera da psicologia humana através da motivação da equipe e engajamento por meio da participação durante o desenvolvimento do diagrama de análise de risco.

Outro resultado de aprendizado indicado pelo autor neste trabalho é a possível interação entre as ferramentas FMEA e *BowTie*, que se complementam nos cenários macro e micro respectivamente. Por meio da didática de aplicação da FMEA em um cenário macro, tem-se a visão do projeto como um todo. Por outro lado, a utilização do diagrama *BowTie* nas tarefas específicas permite uma visão detalhada e aprofundada do cenário em questão.

Por fim, o objetivo do trabalho foi atingido através dos resultados das análises das ferramentas de gerenciamento de risco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACS/D.M.S. **Acidentes na construção: guindaste e desabamento.** [S. I.], 26 dez. 2013. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2013/12/acidentes-na-construcao-civil-guindaste-e-desabamento>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BARBOSA, J. **Ferramenta de Gestão de Risco – Bowtie.** [S. I.], 4 jul. 2018. Disponível em: <https://consultoriaengenharia.com.br/confiabilidade-e-risco/ferramenta-de-gestao-de-risco-bowtie/>. Acesso em: 14 fev. 2019.

CHAVES, A. **APR – Análise Preliminar de Risco.** [S. I.], 24 maio 2016. Disponível em: <https://areasst.com/apr-analise-preliminar-de-risco>. Acesso em: 17 fev. 2019.

CIPA. **Acidentes de trabalho já causaram morte de 653 pessoas em 2018.** [S. I.], 25 maio 2018. Disponível em: <http://revistacipa.com.br/acidentes-de-trabalho-ja-causaram-morte-de-653-pessoas-em-2018/>. Acesso em: 28 fev. 2019.

DIAS, D. **Metodologia BowTie.** [S. I.], 2000. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/administracao/metodologia-BowTie/59428>. Acesso em: 14 fev. 2019.

FMEA-FMECA.COM. **SAE J1739 FMEA.** [S. I.], 2006. Disponível em: <http://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-detection.html>. Acesso em: 4 fev. 2019.  
KINETIC LLC. **Failure Mode and Effects Analysis.** [S. I.], [ 1996-2008]. Disponível em: <http://www.fmeca.com/>. Acesso em: 4 fev. 2019.

LIMA, T. **ANÁLISE DE RISCOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** [S. I.], 16 ago. 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/riscos-construcao-civil>. Acesso em: 8 fev. 2019.

MAIA, A. **ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM UMA OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** REVISTA TECNOLOGIA & INFORMAÇÃO - ISSN 2318-9622, [S. I.], JUL/OUT 2014. Disponível em: <https://repositorio.unp.br/index.php/tecinfo>. Acesso em: 4 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. **NORMA REGULAMENTADORA 18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.** [S. I.], 1978. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr18.htm>. Acesso em: 4 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. **NORMA REGULAMENTADORA 35 - TRABALHO EM ALTURA.** [S. I.], 1978. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr35.htm>. Acesso em: 4 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. **NORMAS REGULAMENTADORAS NR-11 TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS.** [S. I.], 1978. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr11.htm>. Acesso em: 4 fev. 2019.

PORTAL DA EDUCAÇÃO. **Metodologia BowTie.** [S. I.], 2000. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/administracao/metodologia-BowTie/59428>. Acesso em: 4 fev. 2019.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Análise de árvore de falhas - AAF.** [S. I.], [2000]. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/analise-de-arvore-de-falhas-aaf/42909>. Acesso em: 17 fev. 2019.

REDAÇÃO BONDE. **Construção civil tem mais de 20 mil acidentes por ano.** [S. I.], 30 set. 2009. Disponível em: <https://www.bonde.com.br/casa-e-decoracao/noticias/construcao-civil-tem-mais-de-20-mil-acidentes-por-ano-120579.html>. Acesso em: 2 fev. 2019.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80128>. Acesso em: 11 fev. 2019.

SILVA, E. **Análise das barreiras por meio de BowTie.** Salvador/BA, 2 jan. 2014. Disponível em: [http://www.ecsconsultorias.com.br/wp-content/artigos\\_pdf/Analise\\_BowTie.pdf](http://www.ecsconsultorias.com.br/wp-content/artigos_pdf/Analise_BowTie.pdf). Acesso em: 14 fev. 2019.

SILVA, V. **ANÁLISE DE RISCO NA CONSTRUÇÃO – GUIA DE PROCEDIMENTOS PARA GESTÃO.** 2012. Tese (Mestrado) - ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES, Porto, 2012. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72676/1/000154217.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2019.

SOLMCP. **História da FMEA.** [S. I.], 23 set. 2013. Disponível em: <https://www.trabalhosgratuitos.com/Humanas/Economia/Hist%C3%B3ria-da-FMEA-100829.html>. Acesso em: 11 fev. 2019

USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **EST – 701 / STR – 701 GERÊNCIA DE RISCOS.** São Paulo, 2018. LACASEMIN POLI-USP.

## GLOSSÁRIO

**BowTie** – software de gerenciamento de riscos em formato de “gravata borboleta”

**Check List** - Uma lista de verificação do tipo de auxílio de trabalho usado para reduzir a falha compensando os limites potenciais de memória e de atenção humana.

**Concretagem** - Ação ou efeito de concretar (lançar concreto sobre).

**Contraventamento** – estrutura complementar com resistência a elevado esforço de tração para travar as estruturas principais contra a ação do esforço de cargas de vento.

**Efeito dominó** – um evento iniciador impacta em um outro evento, e assim por diante, ocorrendo efeitos de transferências e/ou acumulador.

**Grua** – Equipamento fixo destinado a levantar grandes pesos;

**Guindaste** – Equipamento móvel destinado a levantar grandes pesos; Guindaste de lança, que permite erguer cargas dentro de um grande raio.

**Housekeeping** - é um procedimento utilizado para garantir um ambiente mais agradável para os funcionários e que traga retorno com maior produtividade, incluindo eliminação dos desperdícios, limpeza e organização

**Içamento** – Ação ou efeito de içar; fazer subir.

**In Loco** – expressão em latim, que significa "no lugar" ou "no próprio local" e é equivalente à expressão in situ.

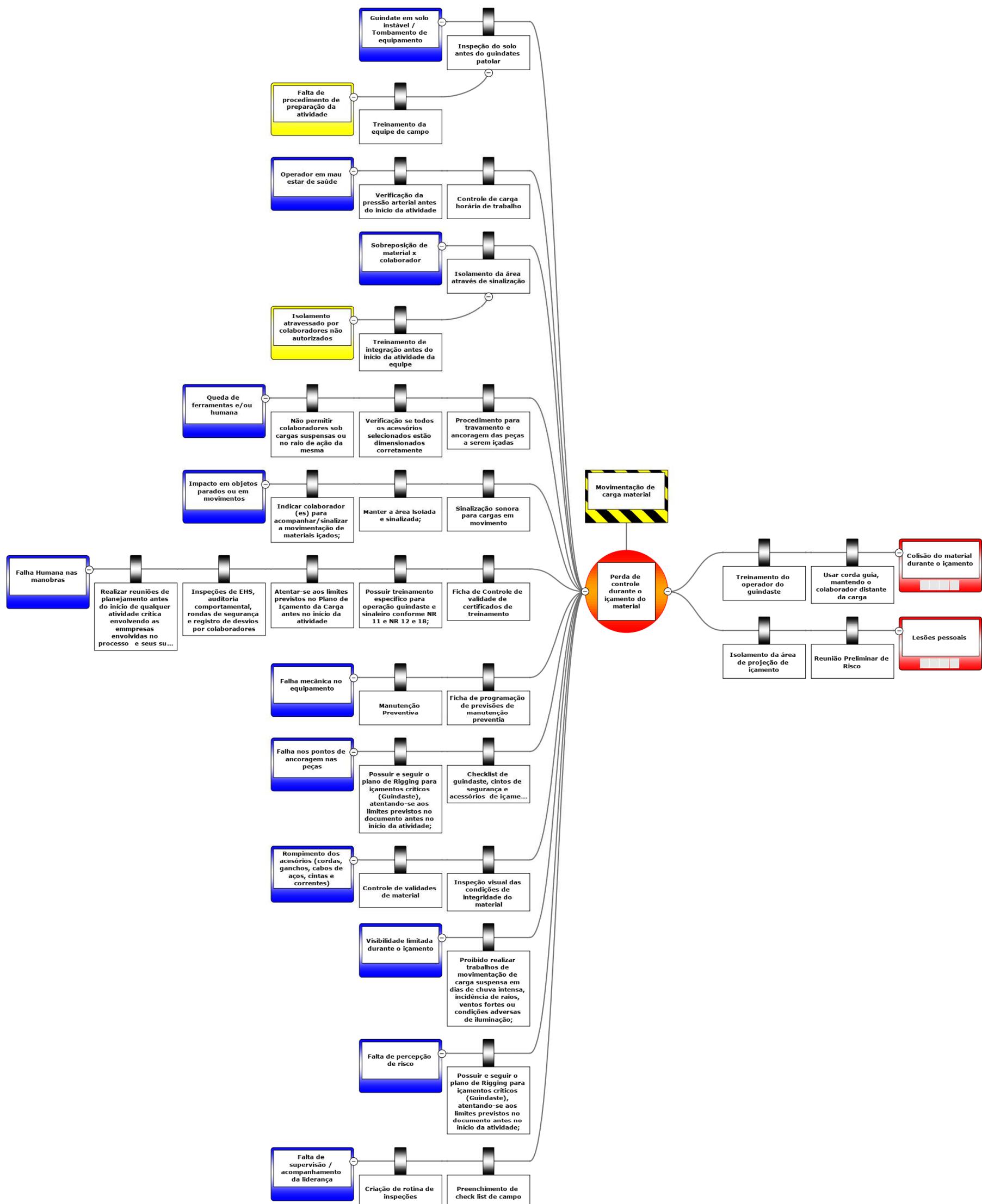
**Marasmo** - um período de tempo em que nada acontece ou que não há acontecimentos importantes.

**Plano de Rigging** - Nome dado ao processo de planejamento para atividades de içamentos de cargas.

**Tirante** – estrutura resistente a elevado esforço de tração.

**Viga** - Peça oblonga de madeira, ferro, concreto, usada como estrutura principal na horizontal em construção.

## APÊNDICE A – DIAGRAMA BOWTIE



## ANEXO A – PLANILHA FMEA

FMEA Template

<b>Failure Modes and Effects Analysis</b>													
Process or Product Name:		Preparation Building - Montagem de Painéis Pré Moldados de Concreto							Prepared by:		Page <u>1</u> of <u>1</u>		
Responsible:									FMEA Date (Orig) _Sep 01 2017				
Item #	Assembly/ Part/ Function/ Process	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Safety	Compliance	Potential Causes	Prevention Controls	O C C	Detection Controls	D E T	R P N	Actions Recommended (defenses)
		What is the failure mode under investigation?	What are the implications as a result of the failure mode? Document the effect on component, subsystem, system.	How Severe is the effect?  Is there potential concern for a safety incident? (mark X if yes)  Is there potential concern to affect compliance? (mark X if yes)			What causes the failure mode to occur?	What are the controls in the design process (eg. specifications, analysis, and design validation testing) that reduce the chance of the cause or failure mode occurring in the released product? Baseline Occurrence rating can be modified accordingly.	How often does the Cause or FM occur?	What are the existing detection controls (monitoring, inspection and test) that prevent either the cause or the failure mode from being realized?	How well can you detect Cause or FM?		What are the recommended mitigation actions? Can be recommended design changes, additional inspection, testing recommendations
1	Içamento, movimentação e acompanhamento da carga até local (ponto) de instalação ou local de armazenamento, incluindo descarregamento e estocagem (Guindaste)	Queda em mesmo nível	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas <sup>(1)</sup> Óbito <sup>(1)</sup>	1	x	x	1. Visibilidade limitada durante o içamento da carga; 2. Falta/falha na percepção do risco; 3. Ausência / falha no uso de proteção individual; 4. Ausência / Falha no uso / Instalação de proteção coletiva; 5. Treinamento insuficiente, inexiste ou vencido para trabalho em altura (NR 35); 6. Treinamento insuficiente ou inexiste dos operadores ou colaborador (es) responsáveis por acompanhar/sinalizar a movimentação de materiais içados; 7. Falta de atenção na execução da atividade; 8. Falta de supervisão / acompanhamento da liderança; 9. Falha humana nas manobras com o guindaste; 10. Falha na amarração da carga 11. Falhas nas orientações/entendimento entre o operador e o colaborador (es) responsáveis por acompanhar/sinalizar a movimentação de materiais içados; 12. A liderança deverá conhecer e ter disponível o projeto executivo da tarefa; 13. Avaliar as condições do terreno antes de posicionar o guindaste, estando instável ou com partes soltas, paralisar a atividade; 14. Fazer isolamento da área onde será realizada a atividade, num raio 1,5x (uma vez e meia) da altura da peça a ser içada, mantendo apenas os colaboradores diretamente envolvidos na atividade, mediante orientação aos mesmos; 15. Possuir treinamento específico para operação guindaste e sinaleiro conforme NR 11 e NR 12 e 18; 16. Verificar se todos os acessórios de içamento selecionados estão dimensionados para a carga a ser içada (Carga x Capacidade); 17. Possuir certificados dos acessórios de içamento; 18. Manter a área isolada e sinalizada; 19. Não permitir colaboradores sob cargas suspensas ou no raio de ação da mesma; 20. Não movimentar carga sobre colaboradores ou no raio de ação da mesma; 21. Observar os obstáculos existentes desde o local de onde a carga está sendo retirada até o destino final; 22. Não expor partes do corpo às peças em movimento; 23. Proibido realizar trabalhos de movimentação de carga suspensa em dias de chuva intensa, incidência de raios, ventos fortes ou condições adversas de iluminação; 24. Usar corda guia, mantendo o colaborador distante da carga 25. Atentar-se aos limites previstos no Plano de Içamento da Carga antes no inicio da atividade 26. Indicar colaborador (es) para acompanhar/sinalizar a movimentação de materiais içados; 27. Possuir e seguir o plano de Rigging para içamentos críticos (Guindaste), atentando-se aos limites previstos no documento antes no inicio da atividade; 28. Verificar adequação do plano de Rigging ao equipamento e sua capacidade; 29. Os cavaletes para armazenamento temporário das placas devem possuir projeto e ART, garantindo a estabilidade do sistema; 30. Elaboração e aplicação do Procedimento de Montagem dos Painéis.	1	1. Treinamento na Análise Preliminar de Risco – APR; 2. Diálogo diário de segurança – DDS; 3. Identificação visual nos capacitados para os colaboradores com treinamento na NR 35; 4. Calçado de segurança com biqueira de aço/compósito; 5. Luvas (conforme análise técnica da atividade); 6. Capacete (com jugular); 7. Cinto de segurança com duplo tabarte / trava quedas (para trabalhos acima de 1,20m, onde haja ponto seguro para ancoragem); 8. Ocos de segurança escuro ou lúbor (conforme condições de tempo e horário de trabalho); 9. Colete refletivo de alta visibilidade ou faixas refletivas no uniforme; 10. Alerter a pressão arterial dos operadores do guindaste; 11. Inspecionar diariamente os equipamentos (Guindaste) e acessórios de içamento, conforme checklist, havendo itens não conformes, o uso deverá ser proibido e o acessório descartado e o equipamento bloqueado para uso; 12. A liderança deverá conhecer e ter disponível o projeto executivo da tarefa; 13. Avaliar as condições do terreno antes de posicionar o guindaste, estando instável ou com partes soltas, paralisar a atividade; 14. Fazer isolamento da área onde será realizada a atividade, num raio 1,5x (uma vez e meia) da altura da peça a ser içada, mantendo apenas os colaboradores diretamente envolvidos na atividade, mediante orientação aos mesmos; 15. Possuir treinamento específico para operação guindaste e sinaleiro conforme NR 11 e NR 12 e 18; 16. Verificar se todos os acessórios de içamento selecionados estão dimensionados para a carga a ser içada (Carga x Capacidade); 17. Possuir certificados dos acessórios de içamento; 18. Manter a área isolada e sinalizada; 19. Não permitir colaboradores sob cargas suspensas ou no raio de ação da mesma; 20. Não movimentar carga sobre colaboradores ou no raio de ação da mesma; 21. Observar os obstáculos existentes desde o local de onde a carga está sendo retirada até o destino final; 22. Não expor partes do corpo às peças em movimento; 23. Proibido realizar trabalhos de movimentação de carga suspensa em dias de chuva intensa, incidência de raios, ventos fortes ou condições adversas de iluminação; 24. Usar corda guia, mantendo o colaborador distante da carga 25. Atentar-se aos limites previstos no Plano de Içamento da Carga antes no inicio da atividade 26. Indicar colaborador (es) para acompanhar/sinalizar a movimentação de materiais içados; 27. Possuir e seguir o plano de Rigging para içamentos críticos (Guindaste), atentando-se aos limites previstos no documento antes no inicio da atividade; 28. Verificar adequação do plano de Rigging ao equipamento e sua capacidade; 29. Os cavaletes para armazenamento temporário das placas devem possuir projeto e ART, garantindo a estabilidade do sistema; 30. Elaboração e aplicação do Procedimento de Montagem dos Painéis.	1	1. 1 3. 27 1. 1 3. 27 3. 81 3. 3 3. 27 1. 9		
2		Queda em diferente nível	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas Óbito	9	x	x							
3		Impacto de pessoas contra objetos parados ou em movimento	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas <sup>(1)</sup> Óbito <sup>(1)</sup>	1	x	x							
4		Impacto sofrido por pessoa, de objeto que cai ou em outras formas de movimento	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas Óbito	9	x	x							
5		Prensamento de membro	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas Óbito	9	x	x							
6		Derramamento no solo	Contaminação do solo	1		x							
7		Tombamento do equipamento	Lesões pessoais diversas (ex.: ferimentos, escoriações, contusões, cortes, entorse, etc) Fraturas Óbito Danos materiais diversos no Guindaste / Munck Danos materiais diversos no entorno (outros equipamentos ou estruturas)	9	x	x							

(1) - Os danos "Óbito" e "Fraturas" são remotos, como consequência o grau de severidade não os leva em conta.