

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**RENATO PICKLER PATRICIO**

**ADEQUAÇÃO DO FMEA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS EM OBRA DE  
INFRAESTRUTURA, APÓS A APLICAÇÃO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE  
RISCO NA EXECUÇÃO DE MURO DE GABIÃO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2013**

**RENATO PICKLER PATRICIO**

**ADEQUAÇÃO DO FMEA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS EM OBRA DE  
INFRAESTRUTURA, APÓS A APLICAÇÃO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE  
RISCO NA EXECUÇÃO DE MURO DE GABIÃO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Rodrigo Eduardo Catai, Dr.

**CURITIBA  
2013**

**RENATO PICKLER PATRICIO**

**ADEQUAÇÃO DO FMEA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS EM OBRA DE INFRAESTRUTURA, APÓS A APLICAÇÃO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO NA EXECUÇÃO DE MURO DE GABIÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai (Orientador)  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

**Curitiba**  
**2013**

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta obra a minha esposa Tyalla Duarte Patricio, a meu irmão Osmar Henrique e a meus pais Renato e Edna, agradecendo-os pelo exemplo, dedicação e apoio incondicional.

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar os riscos através da aplicação da ferramenta APR na execução de muro de gabião, que são estruturas armadas, flexíveis, drenantes e de grande durabilidade e resistência. Na sequência adequar a metodologia FMEA para auxiliar o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina Trabalho no gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura de uma empresa da construção e engenharia. Este estudo teve início depois de observar as atividades de construção civil em um empreendimento de grande porte no sul do Brasil e a probabilidade de ocorrer acidentes de trabalho em obras de infraestrutura ser alta, devido à diversidade e singularidade dos trabalhos realizados neste setor econômico. A dificuldade em identificar antecipadamente os riscos dos quais seus trabalhadores estão expostos foi o motivador para adequar o FMEA, que é uma ferramenta de análise de riscos que consiste em identificar as falhas, os riscos e seus efeitos. Foi aplicada em campo a técnica APR com um grupo de trabalho da empresa para identificar os riscos e um novo formulário do FMEA foi adequado para uma futura aplicação, permitindo a priorização dos riscos e atuação do setor de segurança por meio de ações preventivas para minimizar o impacto de um possível acidente. Não existe um método excelente para se identificar os perigos e riscos, as empresas tem que procurar combinar as ferramentas existentes, obtendo o maior número possível de informações. Concluiu-se que a aplicação da APR na execução de um muro de gabião é simples na identificação e prevenção de riscos de acidente e em sua maioria os riscos em que os trabalhadores estão expostos são moderados e relevantes. Após a adequação da metodologia de avaliação de riscos FMEA, pode-se concluir que a proposta vai auxiliar na identificação de riscos e vai permitir um diagnóstico geral e coerente com os riscos atual da empresa, porém para verificar a prevenção e redução de acidentes e seus custos, precisa-se criar uma sistemática para aplicar e validar a ferramenta adaptada e ver o grau de segurança.

**Palavras chave:** FMEA, Gerenciamento de Riscos, APR, Riscos, Análise de Falhas.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the risks by applying the APR tool in implementing gabion wall, which are armed structures, flexible, draining and great durability and strength. Following suit FMEA methodology to assist the Specialized Safety Engineering and Medical Work in the risk management work of a company's infrastructure construction and engineering. This study was initiated after observing the activities of construction on a large project in southern Brazil and the probability of accidents in infrastructure works to be high, due to the diversity and uniqueness of the work in this economic sector. The difficulty in identifying in advance the risks to which their employees are exposed was the motivator to bring the FMEA, which is a tool of risk analysis is to identify gaps, risks and effects. Was applied in the technical field APR with a working group of the company to identify risks and a new form of FMEA was suitable for a future application, allowing the prioritization of risks and actions of the security sector through preventive actions to minimize the impact of a possible accident. There is an excellent method to identify hazards and risks, companies must seek to combine existing tools, getting the best possible information. It was concluded that the application of APR in the execution of a gabion wall is simple in the identification and prevention of accidents and mostly the risks that workers are exposed are moderated and relevant. After the adequacy of the methodology of FMEA risk assessment, it can be concluded that the proposal will assist in identifying risks and will allow a general diagnosis and consistent with the current risk of the company, but to verify the prevention and reduction of accidents and their costs, we need to create a system to implement and validate the appropriate tool and see how safe.

**Keywords:** FMEA, Risk Management, APR, Risk, Failure Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos básicos do FMEA.....	27
Figura 2 – Formulário de FMEA.....	28
Figura 3 – Representação básica de muro de contenção à gravidade em gabhões ...	39
Figura 4 – Muro de contenção à gravidade em gabhões .....	40
Figura 5 – Elementos constituintes dos gabhões tipo caixa .....	42
Figura 6 – Detalhe construtivo do gabião tipo caixa da obra .....	42
Figura 7 – Preparação para montagem do Gabião.....	43
Figura 8 – Posicionamento e nivelamento dos painéis laterais e diafragmas.....	44
Figura 9 – Caixa de Gabião .....	44
Figura 10 – Costura das arestas e posicionamento dos gabhões .....	45
Figura 11 – Costura das arestas dos gabhões .....	45
Figura 12 – Tensão o conjunto de Gabião.....	46
Figura 13 – Cofragem.....	46
Figura 14 – Detalhe do gabarito .....	47
Figura 15 – Gabarito.....	48
Figura 16 – Colocação de tirantes .....	49
Figura 17 – Camada de pedra.....	49
Figura 18 – Detalhe das etapas de enchimento .....	49
Figura 19 – Etapas de enchimento.....	50
Figura 20 – Detalhe da etapa de fechamento do gabião tipo caixa .....	51
Figura 21 – Fluxograma geral do gerenciamento de riscos.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de severidade de acidentes que possam ocorrer .....	23
Tabela 2 – Frequência ou probabilidade de ocorrência de acidentes ou danos.....	23
Tabela 3 – Índice de risco e gerenciamento das ações a serem tomadas .....	24
Tabela 4 – Descrição da escala de severidade .....	29
Tabela 5 – Descrição da escala de ocorrência .....	29
Tabela 6 – Descrição da escala de detecção .....	30
Tabela 7 – Descrição da escala de severidade .....	52
Tabela 8 – Descrição da escala de frequência .....	52
Tabela 9 – Descrição da escala do índice de risco .....	53
Tabela 10 – APR realizada em campo .....	57
Tabela 11 – Índice de Severidade.....	60
Tabela 12 – Índice de Ocorrência.....	61
Tabela 13 – Índice de Detecção.....	61
Tabela 14 – Formulário FMEA adequada .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>APR</b>	Análise Preliminar de Risco
<b>FMEA</b>	Failure Mode and Effect Analysis
<b>AMFE</b>	Análise de Modos de Falha e Efeitos
<b>SESMT</b>	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina Trabalho
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>QS9000</b>	Norma Quality Systems - Automotive QS 9000 - Requisitos Automotivos da EUA
<b>ISO TS 16949</b>	Norma Quality Systems - Automotive Supplies - Requisitos Automotivos
<b>EAQF 94</b>	Norma Quality Systems - Automotive - Requisitos Automotivos da França
<b>VDA 6.1</b>	Norma Quality Systems - Automotive - Requisitos Automotivos da Alemanha
<b>DFMEA</b>	Design Failure Modes and Effects Analysis
<b>PFMEA</b>	Process Failure Mode and Effects Analysis
<b>RPN</b>	Risk Priority Number
<b>Cr</b>	Criticality Number
<b>NR</b>	Norma Regulamentadora
<b>CLT</b>	Consolidação das Leis do Trabalho
<b>CIPA</b>	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>PPRA</b>	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
<b>PCMSO</b>	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
<b>AIDS</b>	Acquired Immunodeficiency Syndrome
<b>SIPAT</b>	Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho
<b>PCMAT</b>	Programa de Condições e Meio Ambiente na Indústria da Construção Civil
<b>CNAE</b>	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
<b>NBR ISO 9001</b>	Norma Brasileira International Organization for Standardization 9001 - Sistema de Gestão da Qualidade
<b>NBR ISO 14001</b>	Norma Brasileira International Organization for Standardization 14001 - Sistema de Gestão Ambiental
<b>OHSAS 18001</b>	Occupation Health and Safety Management Systems - Specification 18001 - Sistema de Gestão Saúde e Segurança Ocupacional
<b>PVC</b>	Policloreto de Polivinila
<b>M</b>	Metro
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>kN</b>	Kilonewton
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro Quadrado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	OBJETIVO	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	LIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	17
2.1	CARACTERÍSTICAS DO SETOR CIVIL	17
2.2	ACIDENTE	18
2.3	PERIGO E RISCO	19
2.3.1	Riscos Ambientais	20
2.4	ANÁLISE DE RISCO	20
2.4.1	A Técnica de Análise Preliminar de Risco (APR)	21
2.5	A FERRAMENTA FMEA	24
2.5.1	Visão geral do FMEA	25
2.5.2	Construindo FMEA	28
2.5.3	Passos para aplicação da FMEA	30
2.5.4	Benefícios da FMEA	31
2.6	DETECÇÃO E ANÁLISE DE FALHAS	31
2.6.1	Modos de Falha	31
2.7	NORMATIZAÇÃO EM SEGURANÇA E SAÚDE	32
2.7.1	Norma Regulamentadora nº4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho	33
2.7.2	Norma Regulamentadora nº 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes	33
2.7.3	Norma Regulamentadora nº 6 - Equipamento de Proteção Individual - EPI	34
2.7.4	Norma Regulamentadora nº 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional	34
2.7.5	Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	35
2.7.6	Norma Regulamentadora nº 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	37
3.1	ESTRUTURA DE CONTENÇÃO EM GABIÕES	39
3.1.1	Gabiões Tipo Caixa	41
3.1.2	Colocação em Obra de Gabiões Tipo Caixa	42
3.2	IMPLANTAÇÃO DA TÉCNICA APR	51

3.3	METODOLOGIA DE GESTÃO DE RISCO ADOTADA PELA EMPRESA.....	54
<b>4</b>	<b>ANALISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RISCOS.....	56
4.2	ADEQUAÇÃO DO FMEA.....	59
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	64
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto atual, a construção civil e as obras de infraestrutura apresentam considerável avanço e importância na economia, sendo assim, discute-se muito e com elevado interesse, o investimento em segurança do trabalho, onde houve uma readequação na forma de trabalhar em todo o território nacional. Este fato associado a fatores tais como: caráter temporário das instalações, absorção de mão de obra não qualificada, capacitação do pessoal envolvido nas frentes de trabalho, terceirização dos serviços, entre outros, tornaram esta atividade potencialmente geradora de acidentes.

Em função disto e com o intuito de promover melhorias é que os requisitos legais de segurança do trabalho têm sido revisados constantemente, porém os altos índices de acidentes refletem a necessidade de mudança na abordagem pontual, uma parte dos acidentes é causada por não se utilizar uma metodologia adequada para análise prévia dos riscos em que os funcionários estão expostos, podendo ocasionar paralisação, lucros cessantes e inclusive causar perda de vidas humanas caso esses riscos não sejam gerenciados.

A probabilidade de ocorrer acidentes de trabalho em obras de infraestrutura é alta, devido à diversidade e singularidade dos trabalhos realizados neste setor econômico que engloba empresas de engenharia de diversos portes e principalmente envolve tradicionais estruturas com dificuldade de utilizar novas abordagens de controle na área de segurança do trabalho.

Algumas atribuições obrigam os trabalhadores a se arriscar quase que diariamente. Para a maioria, os riscos razoáveis não os impedem de realizar as tarefas diárias e seguir nossa rotina conforme descrito por Heldman (2005), pois na construção civil as exigências contratuais são muitas e os prazos são cada vez menores para se realizar um empreendimento, para atender tais cobranças levando em consideração as atribuições profissionais de cada indivíduo, se faz necessário aplicar ferramentas para identificar os riscos, analisar e minimizar os impactos que podem causar, levando em conta a possibilidade de eles acontecerem durante a obra, mesmo sendo identificados previamente como riscos razoáveis.

A falta de consciência dos riscos envolvidos nas etapas do trabalho faz com que muitos trabalhadores não tomem as devidas precauções para se evitar acidentes ou doenças do trabalho nas frentes de trabalho.

Dentro deste contexto está inserido o trabalho em questão, com o enfoque na atencipação, análise e reconhecimento dos riscos na atividade de execução de muro de gabião em uma obra de infraestrutura de grande porte no sul do Brasil, para tal tornar-se-á necessário

levantar os riscos do tipo de serviço executado aplicando a Análise Preliminar de Risco - APR. Na sequência será realizado a adequação de uma ferramenta que apresente, de forma clara e simples todos os elementos que compõem o sistema, para a melhoria no gerenciamento dos riscos em uma empresa de construção e engenharia, utilizando um método já padronizado e reconhecido na indústria automobilística para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e proativa, denominada FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* que auxilia nas atividades de identificação, documentação, priorização e monitoramento de riscos.

Entre todas as técnicas de gestão dos riscos, optou-se pela aplicação de análises centradas na confiabilidade, envolvendo o método FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*. As análises centradas na confiabilidade identificam as funções e o desempenho dos elementos que compõem o sistema, os modos e causas das falhas, detalham as consequências da ocorrência do evento e ajudam na definição da criticidade dos eventos e da relevância das consequências na operação ou funcionamento do sistema, por meio dos índices de criticidade definidos (ocorrência, severidade e detecção).

O FMEA é usado para identificar todos os possíveis modos de falha potencial e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema, mediante um raciocínio basicamente dedutivo (HELMAN, 1995).

Embora a técnica seja uma ferramenta muito utilizada na gestão percebeu-se sua utilidade para incorporar responsabilidades no gerenciamento de riscos, visto seu enfoque em identificar, classificar modos de falha e gerenciar riscos de forma pró ativa. Pode ser uma ferramenta de revisão geral na área de segurança, revelando aspectos que às vezes passariam despercebidos.

A indústria civil tem muitos vícios, e em muitos casos poucos são os cuidados para se evitar um possível acidente, mas com o auxílio de ferramentas adequadas, será possível efetuar uma análise acurada dos riscos e tomar as precauções cabíveis minorando os riscos inerentes com soluções muitas vezes mais simples e econômicas.

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo analisar os riscos na execução de muro de gabião através da aplicação da ferramenta APR e na sequência adequar a metodologia FMEA para auxiliar o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina Trabalho no

gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura em uma empresa da construção e engenharia, com o intuito de identificar, analisar, documentar, priorizar e monitorar os riscos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

O desdobramento do objetivo principal nos leva a especificar a:

- Levantar a metodologia FMEA com o intuito de esclarecer os conceitos para os engenheiros de segurança do trabalho;
- Observar e apresentar as atividades e sequência das etapas de trabalho dos trabalhadores envolvidos na execução de muro de gabião e os riscos que estão expostos;
- Utilizar a técnica de APR para identificar os riscos de maior incidência nessa atividade;
- Adequar a metodologia FMEA, para auxiliar na identificação de riscos e a prevenção de acidentes, associada à possibilidade da redução de acidentes e custos.

## **1.2 LIMITAÇÃO DA PESQUISA**

O trabalho limitou-se a aplicação de análise de risco de uma técnica existente que é APR na atividade de execução de muro de gabião. E propõe a adequação de uma ferramenta existente denominada FMEA no gerenciamento de risco de uma empresa de engenharia de Santa Catarina que atua na construção civil. Abordará os conceitos da metodologia FMEA.

Não está sendo validada a aplicação da ferramenta FMEA nas atividades da empresa, trata-se da primeira adequação.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

As organizações estão evoluindo, não apenas economicamente, mas também por estarem preocupadas e buscando técnicas de gestão cada vez mais ágeis e confiáveis. É necessário para o engenheiro de segurança do trabalho, ter além dos conhecimentos técnicos inerentes a função, a capacidade de percepção dos riscos a qual os trabalhadores estão expostos. Para isso precisa conhecer, propor e implementar ferramentas durante a fase de concepção, desenvolvimento de um projeto ou empreendimento, com a finalidade de se determinar os possíveis riscos que poderão ocorrer na sua fase operacional.

A engenharia de segurança é responsável por prevenir riscos à saúde e à vida do trabalhador. O engenheiro tem a função de assegurar que o trabalhador não corra risco durante

sua jornada de trabalho. Levando em conta a exposição aos riscos ocupacionais é que surgem os estudos específicos.

Devido à existência dos riscos dentro dos serviços executados na construção civil, há a necessidade de identificá-los e criar condições que aliem segurança ao trabalhador e qualidade da obra.

Ainda hoje os gestores são desafiados a evitar acidentes todos os dias. Nos canteiros de obras e frentes de trabalho há muitos riscos a serem neutralizados e controlados. Observando-se a necessidade de analisar os riscos aos trabalhadores envolvidos na atividade de execução de muros de gabião e tendo como premissa que a Engenharia de Segurança do Trabalho atua na prevenção de acidentes é que se optou por fazer o presente trabalho. Além de haver a preocupação da empresa quanto ao aspecto de oferecer serviços com qualidade e segurança aos seus empregados.

A proposta desta monografia, e um estudo sobre os riscos inerentes ao trabalho na atividade de execução de muro de gabião, bem como a apresentação e pesquisa de técnicas de análise de riscos, enfatizando as técnicas Análise Preliminar de Riscos - APR e Análise de Modos de Falhas e Efeitos - AMFE. Estas ferramentas serão utilizadas.

O estudo das técnicas de análise de riscos se faz necessário porque permite avaliar detalhadamente um objeto com a finalidade de identificar perigo e avaliar os riscos associados. O objeto pode ser uma área, sistema, processo, atividade ou operação.

O FMEA é uma técnica de baixo risco, mais muito eficiente para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas (PALADY, 1997).

O FMEA é uma metodologia bem documentada, testada e largamente utilizada nas indústrias para obterem-se produtos com qualidade, alta confiabilidade e preços competitivos, além de atender os requisitos de satisfação e garantia. Por isso é relevante pesquisar a utilização e contribuição desta metodologia para a indústria civil onde atualmente são usadas diversas técnicas de apoio mais nem sempre tão eficazes para o gerenciamento e levantamento de riscos.

Adicionalmente, o gerenciamento de segurança e saúde ocupacional ainda gera problemas, especialmente devido à dificuldade da gerência em utilizar abordagens mais modernas na concepção de ferramentas de apoio à gestão de risco, além do pouco suporte teórico oferecido ao setor, e da ampla difusão de uma cultura de negação do risco.

Com a garantia de uma ferramenta de gerenciamento de risco adequada o risco de acidentes do trabalho poderá ser minimizado, garantido assim um maior grau de segurança ao local de trabalho e principalmente as pessoas.

A segurança no trabalho pode ser resumida em uma frase: É a prevenção de perdas. Estas perdas às quais devemos nos antecipar referem-se a todo tipo de ação técnica ou humana, que possam resultar numa diminuição das funções laborais (produtivas, humanas, etc.). A segurança do trabalho são os meios preventivos (recursos), e a prevenção dos acidentes é o fim a que se deseja chegar (VIEIRA, 2008).

A relevância deste estudo à engenharia de segurança do trabalho se dá: como referencia a novos trabalhos sobre gerenciamento e análise de risco na construção civil; como diretriz para que os profissionais do SESMT possam utilizar ferramentas para evitar acidentes de trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia do FMEA e conceitos essenciais para o entendimento de riscos na construção civil.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DO SETOR CIVIL

Com grandes mudanças na sociedade e na economia a partir do final da década de 1980 reduzem significativamente o mercado consumidor. Este fato promove acirrada concorrência entre as empresas, que passam a investir em eficiência na utilização dos seus recursos e na qualidade de seus produtos (THOMAZ, 2001). Além disso, força as empresas a buscarem alternativas no seu modo de produção, a oferecerem produtos mais acessíveis e melhores e obriga a repensarem sua forma de produzir, visando sua sobrevivência neste mercado.

A passagem da construção civil do estágio de processo artesanal para o de indústria de montagem, adquire contornos irreversíveis, apesar das resistências que ainda hoje sobrevivem. Certas posturas e vícios de comportamento ainda estão por mudar, paralelamente ao que se refere ao conhecido tripé tecnologia/qualidade/produtividade.

A construção civil é o setor da economia responsável pela criação e manutenção de grande número de empregos diretos e indiretos no Brasil, para Ferraz e Vecchione (2009), a importância social da construção civil decorre principalmente da grande absorção da mão de obra do setor e do poder de gerar empregos diretos e indiretos. Ressalta-se que a indústria da construção civil está inserida em um mundo interdependente, sofrendo consequências de ações que não estão diretamente associados às decisões tomadas por ela.

A construção civil é sem dúvida uma das principais atividades para alcançar o desenvolvimento econômico e social dos centros urbanos. A importância desta indústria é certíssima, os canteiros de obras e frentes de trabalho são presenças constantes no dia a dia, seja na construção de prédios, estradas, etc., uma atividade que nos últimos anos, obteve um desenvolvimento bastante marcante. Mas esse desenvolvimento não atingiu, no entanto, a todos que nele estão envolvidos, os seus trabalhadores continuam com baixos salários e na maioria das vezes a enfrentam difíceis condições de trabalho, a indústria lidera as estatísticas de acidentes de trabalho apresentando inúmeras peculiaridades, envolvendo um elevado número de riscos. A falta de um efetivo gerenciamento do ambiente de trabalho, do processo

produtivo e de orientação aos trabalhadores, fez com que inúmeros acidentes de trabalho, principalmente os graves e fatais, tivessem um significativo aumento em relação a outros ramos de atividades.

Mas o descaso com os trabalhadores continua gerando elevados índices de acidentes de trabalho. Esses índices se caracterizam devido a uma série de peculiaridades que acabam tornando as medidas preventivas para acidentes de trabalho muito complexas. Os índices vêm diminuindo com as contribuições da Norma Regulamentadora nº 18.

Um dos fatores que atrasa a indústria da construção deve-se a situação difícil, no que diz respeito à capacitação, segurança, meio ambiente e saúde. Por outro lado, de uns tempos pra cá se observou um esforço no sentido de modernizar este setor, principalmente motivado pelo crescente grau de exigência de qualidade por parte dos clientes.

Os trabalhadores da indústria civil muitas vezes são recrutados sem nenhum treinamento específico e, portanto, sem qualificação profissional. A baixa qualificação e a elevada rotatividade costumam ser algo característico desse setor.

Levando em conta estas situações resulta um conjunto de riscos bastante elevados, que transformam este setor num dos setores com maiores probabilidades de ocorrência de acidentes de trabalho, associados à forte insegurança, rotatividade e prática de subcontratação.

## **2.2 ACIDENTE**

Muitas são as definições de acidente e variam segundo o enfoque; O conceito legal para definir acidente pode ser encontrado na Lei nº 8.213, de 24 de Julho de 1991 da Previdência Social.

Art. 19. Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

O conceito prevencionista de acidente para Ayres e Correa (2001) pode ser definido como: o acidente de trabalho é uma ocorrência não programada, inesperada ou não, que interrompe ou interfere no processo normal de uma atividade ocasionando perda de tempo e/ou lesões nos trabalhadores e/ou danos materiais.

Portanto, mesmo as ocorrências que não resultam em lesões ou danos materiais devem ser consideradas como acidentes do trabalho.

Todo acidente é, geralmente, uma ocorrência violenta e repentina, com consequências normalmente imprevisíveis e, às vezes, até catastróficas, em que todos, trabalhadores, empregadores e a própria nação, saem perdendo. O acidente do trabalho poderá gerar problemas sociais de toda monta, como: sofrimento físico e mental do trabalhador e sua família, perdas materiais intensas, redução da população economicamente ativa etc.; estes são alguns custos da insegurança (VIEIRA, 2008).

A batalha do homem contra os acidentes apresenta um aspecto notável. Aparentemente, ele dispõe de recursos mais do que suficientes para evitá-los, pois o progresso científico e tecnológico criou métodos e dispositivos altamente sofisticados em vários campos de atuação humana, inclusive na prevenção de acidentes. Entretanto, o objetivo principal não tem sido atingido satisfatoriamente e assistimos, perplexos e inermes, a perdas de vidas e de integridade física (CARDELLA, 1999).

### **2.3 PERIGO E RISCO**

O risco associado ao evento perigoso resulta da frequência e da consequência do evento. Portanto, a avaliação do risco compreende a avaliação da frequência e da consequência do evento perigoso. Ambas podem ser qualitativas, semiquantitativas ou quantitativas. Análises quantitativas requerem sofisticadas técnicas de cálculo e banco de dados nem sempre disponíveis ou confiáveis (CARDELLA, 1999).

Conceitos básicos na área de segurança e saúde no trabalho, conforme Barbosa Filho (2001):

**Perigo:** propriedade ou capacidade intrínseca de um componente do trabalho (materiais, equipamentos, métodos e práticas de trabalho) potencialmente causadora de danos.

**Risco:** probabilidade do potencial danificador ser atingido nas condições de uso ou de exposição, bem como a possível gravidade do dano sempre objetivando a conscientização, educação, qualificação e habilitação do trabalhador, a antecipação de riscos, a fim de eliminá-los, neutralizá-los e/ou minimizá-los e a criação de medidas de controle para os mesmos, além de participar ativamente da reformulação do perfil profissional do trabalhador.

**Dano:** severidade da lesão ou perda física, funcional ou econômica resultante da perda de controle sobre um risco.

**Causa:** origem de caráter humano ou material relacionado com o evento catastrófico (acidente), pela materialização de um risco que resulte em danos.

Perda: prejuízo sofrido por uma organização sem garantia de ressarcimento por seguro ou outros meios.

Segundo De Cicco e Fantazzini (1982) perigo expressa uma exposição relativa a um risco, que favorece a sua materialização em danos. Dano é a severidade da lesão, ou a perda física, funcional ou econômica, que podem resultar se o controle sobre o risco é perdido.

Para De Cicco e Fantazzini (1982), risco é uma ou mais condições de uma variável, com o potencial necessário para causar danos. Esses danos podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos ou estruturas, perda de material em processo, ou redução da capacidade de desempenho de uma função pré-determinada. Havendo um risco, persistem as possibilidades de efeitos adversos.

### **2.3.1 Riscos Ambientais**

Na concepção de Ayres e Correa (2001) são considerados riscos ambientais os agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes/mecânicos que possam trazer ou ocasionar danos à saúde do trabalhador nos ambientes de trabalho, em função de sua natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição ao agente. Tais agentes serão vistos na Norma Regulamentadora nº 9.

## **2.4 ANÁLISE DE RISCO**

Para Ponzetto (2002) a avaliação de risco deve incluir as seguintes etapas: identificação de perigos e de trabalhadores potencialmente expostos a riscos resultantes desses perigos; estimativa qualitativa e quantitativa do risco; estudo da possibilidade de eliminar o risco; verificação da necessidade de tomar novas medidas para prevenir ou reduzir o risco, no caso de não ser possível eliminá-lo.

A Gestão de Riscos pode ser definida como a aplicação sistemática de estratégias, procedimentos e práticas com o objetivo de identificar os perigos e analisar, avaliar e controlar os riscos de acidentes (GONÇALVES, 2000).

A gerência de riscos tem por prioridade e como principal característica a não ocorrência do acidente ou quase acidente, ou seja, preconiza a ausência de acontecimentos e infortúnios indesejáveis no exercício das atividades.

Risco é a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso que cause danos aos trabalhadores ou equipamentos, denominado acidente, que é um acontecimento inesperado,

que vem causar lesões, doenças, ferimentos, danos humanos ou materiais, danos temporários ou permanentes, a gravidade das consequências dos acidentes é muito variável.

Para efetuar uma análise de riscos é necessário conhecer de maneira plena todo o processo e de que maneira os trabalhadores executam os serviços, além disso, para manter a imparcialidade da análise de riscos, é fundamental organizar uma equipe com vários profissionais das diversas áreas, a equipe de análise precisa além de acompanhar e entender todo o processo, ouvir os trabalhadores, e também, aliar todos os pontos de vistas para chegar a um consenso e uma visão imparcial, critica e eficaz dos riscos existentes nos processos avaliados.

Objetivo de se realizar uma técnica de análise de riscos é permitir um conhecimento detalhado sobre os riscos atuais de um objeto (processo, máquina, sistema ou subsistema), e desencadear um processo de planejamento, construção, operação, e controle apropriado para minimizar antecipadamente os riscos.

Com a difusão dos conceitos de perigo e risco, as metodologias e técnicas aplicadas pela segurança de sistemas, inicialmente utilizadas somente nas áreas militar e espacial, tiveram a partir da década de 70 uma aplicação quase que universal na solução de problemas de engenharia em geral.

#### **2.4.1 A Técnica de Análise Preliminar de Risco (APR)**

Técnicas de análise de riscos nada mais são que métodos capazes de fornecer elementos visíveis que fundamentam um processo de decisão de redução de riscos e perdas, podendo ser aplicadas a quaisquer situações produtivas, pois um indivíduo não consegue sozinho controlar os riscos de sua atividade.

A Análise Preliminar de Riscos - APR teve origem na área militar com aplicação inicial na revisão de sistemas de mísseis. Tem como objetivo determinar os riscos e medidas preventivas antes que um processo, sistema ou produto entrem em sua fase operacional, sendo aplicada na fase de projeto e desenvolvimento. Tudo o que puder ser identificado como risco de acidente ou de doença ocupacional nesta fase deve merecer atenção, para que medidas preventivas adequadas possam ser tomadas e evitar que riscos venham a ser criado nos ambientes de trabalho (ZOCCHIO, 2000).

A APR também pode ser útil como: ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas operacionais, revelando aspectos que às vezes passam despercebidos; em instalações existentes de grandes dimensões; e, quando se quer evitar a utilização de técnicas mais extensas para a priorização de riscos. Esta técnica normalmente é utilizada para análises

qualitativas, porém, também pode utilizá-la para identificar cenários de acidentes que serão empregados em estudo de análises quantitativas para a obtenção de índices de risco (DE CICCICO e FANTAZZINI, 1982).

Segundo De Cicco e Fantazzini (1994), o desenvolvimento de uma APR necessita dos seguintes procedimentos:

- a) Definição do grupo que participará da análise;
- b) Subdivisão da instalação em diversos subsistemas;
- c) Definição das fronteiras do sistema e de cada subsistema;
- d) Determinação dos produtos e atividades com possibilidades de gerar acidentes;
- e) Realização da APR propriamente dita: preenchimento das planilhas de APR em reuniões do grupo de análises;
- f) Elaboração do relatório final; e,
- g) Acompanhamento da implementação das recomendações.

Após a identificação dos cenários de acidentes, estes são classificados de forma qualitativa segundo sua severidade.

Esta classificação servirá de parâmetro para as pessoas envolvidas na elaboração da APR a fazerem uma classificação dos riscos, qualificando-os conforme o seu grau de intensidade. Os envolvidos deverão priorizar e propor medidas preventivas com o objetivo de neutralizar os riscos identificados.

A APR consiste em um estudo, realizado na fase de concepção ou desenvolvimento de um empreendimento, da determinação dos riscos que estão passíveis de ocorrer na fase operacional deste novo empreendimento. Trata-se de uma revisão superficial de problemas gerais de segurança (DE CICCICO e FANTAZZINI, 1994).

Segundo Catai (2012), para o desenvolvimento de uma APR, primeiro descreva todos os riscos e faça sua caracterização; com a descrição dos riscos identifica-se as causas e efeitos dos mesmos, o que permitirá a busca e elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas; e por fim priorização das ações que depende da caracterização dos riscos, ou seja, quanto mais prejudicial ou maior for o risco, mais rapidamente deve ser solucionado.

A forma da APR pode ser completa e serão necessários três quadros para utilizar esta forma de análise.

Tabela 1 – Nível de severidade de acidentes que possam ocorrer

GRAU	EFEITO	DESCRIÇÃO	AFASTAMENTO
01	Leve	Acidentes que não provocam lesões (batidas leves, arranhões).	Sem afastamento.
02	Moderado	Acidentes com afastamento e lesões não incapacitantes (pequenos cortes, torções leves).	Afastamento de 01 a 30 dias.
03	Grande	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, sem perdas de substâncias ou membros (fraturas, cortes profundos)	Afastamento de 31 a 60 dias.
04	Severo	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, com perdas de substâncias ou membros (perda de parte do dedo).	Afastamento de 61 a 90 dias.
05	Catastrófico	Morte ou invalidez permanente.	Não há retorno à atividade laboral.

Fonte: Catai, 2012.

Tabela 2 – Frequência ou probabilidade de ocorrência de acidentes ou danos

GRAU	OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA
01	Improvável	Baixíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 02 anos
02	Possível	Baixa probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 01 ano
03	Ocasional	Moderada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada semestre
04	Regular	Elevada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 03 meses
05	Certa	Elevadíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez por mês

Fonte: Catai, 2012.

Tabela 3 – Índice de risco e gerenciamento das ações a serem tomadas

ÍNDICE DE RISCO	Tipo de risco	NÍVEL DE AÇÕES
até 03 (severidade < 03)	Riscos Triviais	Não necessitam ações especiais, nem preventivas, nem de detecção.
de 04 a 06 (severidade < 04)	Riscos Toleráveis	Não requerem ações imediatas. Poderão ser implementadas em ocasião oportuna, em função das disponibilidades de mão de obra e recursos financeiros.
de 08 a 10 (severidade < 05)	Riscos Moderados	Requer previsão e definição de prazo (curto prazo) e responsabilidade para a implementação das ações.
de 12 a 20	Riscos Relevantes	Exige a implementação imediata das ações (preventivas e de detecção) e definição de responsabilidades. O trabalho pode ser liberado p/ execução somente c/ acompanhamento e monitoramento contínuo. A interrupção do trabalho pode acontecer quando as condições apresentarem algum descontrole.
> 20	Riscos Intoleráveis	Os trabalhos não poderão ser iniciados e se estiver em curso, deverão ser interrompidos de imediato e somente poderão ser reiniciados após implementação de ações de contenção.

Fonte: Catai, 2012.

## 2.5 A FERRAMENTA FMEA

Primeiramente serão feitas algumas definições importantes a fim de facilitar a compreensão:

A *Failure Mode and Effect Analysis* - FMEA conhecida como Análise de Modos de Falhas e Efeitos é uma técnica que oferece três funções distintas: é uma ferramenta para prognóstico de problemas; é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados; e é o diário do projeto, processo ou serviço (PALADY, 1997).

A Análise de Modos de Falha e Efeitos - AMFE, também conhecida pela sigla FMEA *Failure Modes and Effects Analysis*, é uma técnica de análise de riscos de uso geral, detalhada, qualitativa ou quantitativa. Segundo De Cicco e Fantazzini (1994), esta técnica

permite analisar as maneiras pelas quais um equipamento, componente ou sistema podem falhar.

Como ferramenta, o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas. Como procedimento, oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento do projeto e processos [...] E como diário, o FMEA inicia-se na concepção do projeto, processo ou serviço, e se mantém através da vida de mercado do produto. Qualquer modificação durante esse período, que afete a qualidade ou confiabilidade, deve ser avaliada e documentada no FMEA (PALADY, 1997).

Segundo o Instituto de Qualidade Automotiva (2001):

Uma FMEA pode ser descrita como um grupo sistemático de atividade destinado a: (a) reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto e ou processo e os efeitos desta falha. (b) identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência de uma falha potencial e, (c) documentar todo o processo, isto é complementar no processo de definição do que o projeto ou o processo deve fazer para satisfazer o cliente.

### **2.5.1 Visão geral do FMEA**

O FMEA foi criado pela NASA em meados de 1960. Em 1972 a Ford introduziu seu uso (FMEA de processo) na indústria automobilística, difundindo-o na indústria por meio da Norma Q 101. Atualmente é utilizado por indústrias de diferentes ramos como química, automotiva, alimentícia etc. e seu uso é solicitado pelas normas QS 9000, ISO TS 16949, EAQF 94, VDA 6.1, AVSQ para projetos e processos de fabricação (RAMOS, 2006).

A autora Ramos (2006) descreve que a técnica de FMEA foi criada com enfoque no projeto de novos produtos e processos, mas devido a sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diferentes formas e em diferentes tipos de organizações. A metodologia de FMEA é atualmente utilizada para reduzir a ocorrência de falhas de produtos e processos existentes e para reduzir a probabilidade de falha nos demais processos organizacionais e vem sendo empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia.

A análise dos modos de falha e efeitos deve ser desenvolvida e implementada por uma equipe multidisciplinar. Um dos objetivos da equipe é dar suporte ao engenheiro responsável [...]. O FMEA é uma ferramenta criada para ajudar o engenheiro a identificar melhor os possíveis problemas que talvez não tenha considerado para o processo em questão, suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo (PALADY, 1997).

O FMEA é proativo, implicando na eliminação de problemas potenciais antes que eles sejam realmente criados em protótipo, durante o processo ou em campo. Sendo assim, altamente subjetivo e requer um trabalho considerável de suposição em relação às possibilidades e à sua prevenção. Essa suposição é feita pelos especialistas no assunto (PALADY, 1997).

A utilização da técnica de FMEA conforme Ramos (2006) deve ocorrer nas seguintes situações:

- Desenvolvimento de novo produto ou processo.
- Alterações em produtos e processos existentes, visando à redução das falhas potenciais de produtos e processos que já estão em operação.
- Análise de oportunidade de melhoria da qualidade e aumento da confiabilidade dos produtos e processos.
- Avaliação do impacto do uso do produto ou processo existente em um novo ambiente, localização ou aplicação.
- Redução da ocorrência de não conformidades em processos administrativos, em geral.

De acordo com Palady (1997) existem dois tipos distintos de FMEA, seu desenvolvimento se deu em meados da década de 60:

- FMEA de Projeto (*DFMEA Design Failure Modes and Effects Analysis*)  
Considera as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto, decorrentes do projeto.
- FMEA de Processo (*PFMEA Process Failure Mode and Effects Analysis*)  
Considera as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas no processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Dentro desses dois tipos surgiram diversas versões e variações do FMEA e dos seus formulários de acordo com as necessidades de aplicação e interpretação, que compartilham os mesmos objetivos e exigem elementos básicos comuns para alcançar esses objetivos (PALADY, 1997).

Todas as variações de FMEA devem incluir cinco elementos básicos, a fim de garantir sua eficácia. Se um dos elementos exibidos na figura 1 for excluído, a contribuição final do

FMEA em termos de qualidade/confiabilidade provavelmente será muito pequena (PALADY, 1997).

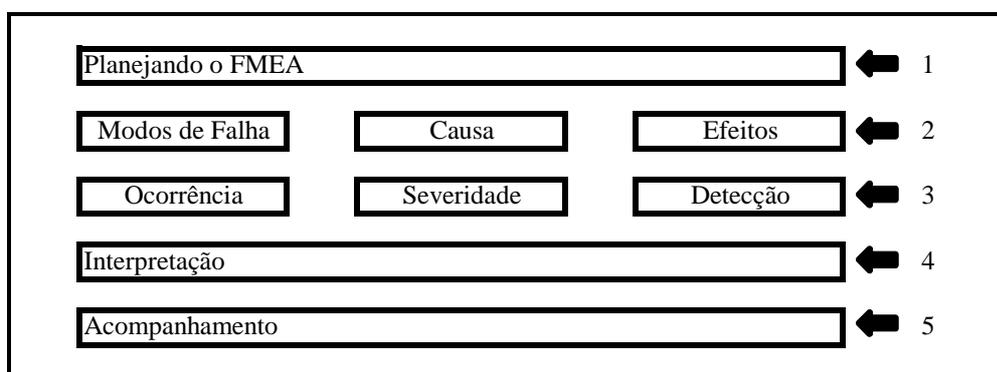


Figura 1 – Elementos básicos do FMEA

Fonte: IMAM, 1997.

Cada um dos elementos, apresentados por Palady (1997), são definidos da seguinte forma:

O planejamento do FMEA envolve selecionar o projeto de FMEA com o maior potencial de retorno de qualidade e confiabilidade para a organização e seus clientes.

Ramos (2006) esclarece que é nessa etapa de planejamento que devem ser formadas as equipes de trabalho. Preferencialmente equipes multidisciplinares e com número pequeno de integrantes.

O segundo elemento constitui listar os modos de falha, causa e efeito: encontrar respostas para os seguintes questionamentos “como pode falhar?”, “por que falha?” e “o que acontece quando falha?”. Depois é quantificar e classificar cada uma das três categorias, ocorrência, severidade e detecção. As escalas de ocorrência, severidade e detecção devem ser ajustadas a fim de refletir os produtos e processos da organização.

O quarto elemento é o de interpretação que deve priorizar ou selecionar os modos de falhas potenciais que serão tratados em primeiro lugar. A abordagem tradicional indica o grau de prioridade de risco RPN – *Risk Priority Number* ou o Índice de Importância Cr – *Criticality Number*, é obtido através da multiplicação das três categorias.

O último elemento é o acompanhamento das ações necessárias, geralmente associados a outros métodos que possam dar suporte à qualidade e a confiabilidade. É mais comum encontrar ferramentas que aplicam métodos estatísticos para auxiliar no preenchimento de uma das colunas da FMEA ou para aprovar e recomendar a realização de medidas corretivas (PALADY, 1997).

### 2.5.2 Construindo FMEA

Há vários formatos ou versões do formulário do FMEA. A organização tem que selecionar ou projetar o formulário que se adapte melhor a sua realidade e esteja de acordo com os seus critérios. Entretanto os elementos básicos são sempre os mesmos: cabeçalho, funções, modos de falha, efeitos, severidade, causas, ocorrência, controles, detecção e ações recomendadas (PALADY, 1997).

Em seguida pode ser visualiza um formulário de FMEA, com seus elementos.

Peça/Componente:						Engenheiro de Subsistema:					
Ano do Modelo:						Engenheiro do Sistema:					
Lançamento Previsto do Produto:						Data do FMEA:					
Fornecedor externo:				Sim	Não	Revisão:					
Código de Identificação	Nome Número	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	SEV	OCO	DET	RPN	Ações recomendadas	Situação atual

Figura 2 – Formulário de FMEA.

Fonte: IMAM, 1997.

A função é a principal aplicação do componente ou subsistema. Em resumo, é para o que ele está sendo concebido. Um modo de falha é a maneira pela qual um processo pode falhar potencialmente em atender aos requisitos de produto ou processo descritos na coluna função. Os efeitos da falha são os efeitos do modo de falha, como percebidos pelos clientes internos ou externos. As causas da falha são indicações de fraquezas do projeto ou do processo, em consequência da qual ocorre o modo de falha.

A Severidade é o grau de seriedade/importância de cada efeito da falha potencial, normalmente medida em uma escala de 1 a 10, conforme tabela 1.

Tabela 4 – Descrição da escala de severidade

Efeito não percebido pelo cliente.	<b>1</b>
Efeito bastante insignificante, percebido pelo cliente; entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço.	<b>2</b>
Efeito insignificante, que perturba o cliente, mas não faz com que procure o serviço.	<b>3</b>
Efeito bastante insignificante, mas perturba o cliente, fazendo com que procure o serviço.	<b>4</b>
Efeito menor, inconveniente para o cliente; entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço.	<b>5</b>
Efeito menor, inconveniente para o cliente, fazendo com que o cliente procure o serviço.	<b>6</b>
Efeito moderado, que prejudica o desempenho do projeto levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções do projeto.	<b>7</b>
Efeito significativo, resultando em falha grave; entretanto, não coloca a segurança do cliente em risco e não resulta em custo significativo da falha.	<b>8</b>
Efeito crítico que provoca a insatisfação do cliente, interrompe as funções do projeto, gera custo significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) ao cliente.	<b>9</b>
Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização.	<b>10</b>

Fonte: IMAM, 1997.

A Ocorrência define a probabilidade de ocorrência da causa da falha potencial, normalmente medida em uma escala de 1 a 10 apresentando o percentual, conforme tabela 2.

Tabela 5 – Descrição da escala de ocorrência

Extremamente remoto, altamente improvável.	<b>Menos de 0,01%</b>	<b>1</b>
Remoto, improvável.	<b>0,011 – 0,20</b>	<b>2</b>
Pequena chance de ocorrência.	<b>0,210 – 0,60</b>	<b>3</b>
Pequeno número de ocorrências.	<b>0,610 – 2,00</b>	<b>4</b>
Espera-se um número ocasional de falhas.	<b>2,001 – 5,00</b>	<b>5</b>
Ocorrência moderada.	<b>5,001 – 10,00</b>	<b>6</b>
Ocorrência frequente.	<b>10,001 – 15,00</b>	<b>7</b>
Ocorrência elevada.	<b>15,001 – 20,00</b>	<b>8</b>
Ocorrência muito elevada.	<b>20,001 – 25,00</b>	<b>9</b>
Ocorrência certa.	<b>Mais de 25%</b>	<b>10</b>

Fonte: IMAM, 1997.

A Detecção constitui a probabilidade da causa da falha potencial ser identificada antes da falha chegar ao cliente, normalmente medida em uma escala de 1 a 10 conforme tabela 3.

Tabela 6 – Descrição da escala de detecção

É quase certo que será detectado.	<b>1</b>
Probabilidade muito alta de detecção.	<b>2</b>
Alta probabilidade de detecção.	<b>3</b>
Chance moderada de detecção.	<b>4</b>
Chance média de detecção.	<b>5</b>
Alguma probabilidade de detecção.	<b>6</b>
Baixa probabilidade de detecção.	<b>7</b>
Probabilidade muito baixa de detecção.	<b>8</b>
Probabilidade remota de detecção.	<b>9</b>
Detecção quase impossível.	<b>10</b>

Fonte: IMAM, 1997.

Palady (1997) esclarece que as escalas devem ser ajustadas, a fim de se adequar a cada organização.

$$\text{RPN} = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$$

Ações recomendadas são as ações recomendadas para evitar a ocorrência da falha antes da concepção do produto/processo.

Essa é uma das principais colunas do FMEA e deve ser preenchida para assegurar que serão tomadas ações para evitar a ocorrência da falha potencial. Essa coluna indica que houve realmente análise sobre os riscos identificados.

### 2.5.3 Passos para aplicação da FMEA

Helman (1995) define que os seguintes passos devem ser habitualmente seguidos para a condução de uma análise via FMEA:

- definição da equipe responsável pela execução;
- definição dos itens do sistema que serão considerados;
- preparação prévia e coleta de dados;
- análise preliminar dos itens considerados;
- identificação dos modos de falha e seus efeitos;
- identificação das causas das falhas;
- identificação dos controles atuais de detecção das falhas;

- determinação dos Índices de Criticidade;
- análise das recomendações;
- revisão dos procedimentos;
- preenchimento dos formulários de FMEA;
- reflexão sobre o processo.

#### **2.5.4 Benefícios da FMEA**

Um dos principais benefícios da FMEA está na identificação dos pontos de mudança necessários a um projeto, reduzindo os custos, devido à redução de erros, retrabalhos e os desperdícios em processos, serve como guia para planejamento de testes mais eficientes e fornece uma referencia rápida para resolução de problemas. Outro benefício para a empresa é que a ferramenta proporciona uma sistemática de catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos e obter um conhecimento documentado dos problemas (PALADY, 1997).

De acordo com Palady (1997) existe o benefício de incorporar dentro da empresa a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação, o trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

## **2.6 DETECÇÃO E ANÁLISE DE FALHAS**

Quando o componente de um sistema executa inadequadamente uma função ou deixa de executá-la, esse componente falha. O componente pode ser um homem ou um equipamento. Homens e equipamentos são elementos ativos dos sistemas. As falhas são fatores do risco e na quase totalidade dos casos os acidentes ocorrem devido a algum tipo de falha. Grande parte da função controle de riscos consiste em identificar possibilidades de falhas e adotar medidas para eliminá-la, reduzir sua frequência ou neutralizar os efeitos (CARDELLA, 1999). Portanto, o sistema de controle de falhas é um subsistema do sistema de controle de riscos.

### **2.6.1 Modos de Falha**

Segundo Cardella (1999) um componente qualquer, homem ou equipamento, pode falhar de cindo modos:

- 1- Falha de omissão, quando não executa ou executa apenas parcialmente uma intervenção, tarefa, função ou passo.

- 2- Falha na missão, quando executa incorretamente uma intervenção, tarefa, função ou passo.
- 3- Falha por ato estranho ou ação estranha, quando executa uma intervenção, tarefa, função ou passo que não deveria ter sido executada.
- 4- Falha sequencial, quando executa uma intervenção, tarefa, função ou passo fora da sequência correta.
- 5- Falha temporal, quando executa uma intervenção, tarefa, função ou passo fora do momento correto.

O conhecimento dos modos de falha é um requisito essencial para a aplicação do FMEA. No conjunto de falhas, a falha humana tem destaque especial. A quase totalidade das falhas pode ser atribuída, de uma forma ou de outra, a fatores humanos. Pode-se classificar em técnica, descuido e consciente.

De acordo com Cardella (1999), a falha técnica quando cometida por falta de meios adequados para exercer a função; a falha por descuido, por inadvertência ou inconsciente quando decorre da incapacidade dos mecanismos inconscientes e automáticos em controlar ações do homem; e por fim a falha consciente quando provocada pela adoção de procedimentos alternativos que envolvem maiores riscos que o procedimento padrão.

## **2.7     NORMATIZAÇÃO EM SEGURANÇA E SAÚDE**

A segurança do trabalho é uma conquista relativamente recente da sociedade, pois ela só começou a se desenvolver modernamente, o grande salto qualitativo da legislação brasileira em segurança do trabalho ocorreu em 1978 com a introdução das vinte e oito Normas Regulamentadoras - NR do Ministério do Trabalho.

Ainda que todas as NR de uma forma ou outra sejam aplicáveis à construção, destaca-se entre elas a NR 18, visto que é a única específica para o setor.

Entretanto, apesar da NR 18 ter sido elaborada, aprovada e atualizada algumas vezes, nota-se a sua frequente falta de cumprimento e a persistência de altos índices de acidentes de trabalho.

A seguir será feita uma descrição das normas existentes mais relevantes em segurança e saúde para a indústria da construção civil. As normas aqui descritas podem ser encontradas no endereço eletrônico (<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>).

### **2.7.1 Norma Regulamentadora nº4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**

Os Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho - SESMT são mantidos obrigatoriamente, pelas empresas privadas e públicas, os órgãos públicos da administração direta e indireta e dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados registrados pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT. Os SESMT têm a finalidade de promover a saúde e a integridade física do trabalhador no local de trabalho, sendo que o seu dimensionamento vincula-se a gradação do risco da atividade principal e ao número total de empregados do estabelecimento constantes na Norma Regulamentadora de Segurança e Medicina do Trabalho, NR 4. Os SESMT devem manter entrosamento permanente com a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, dela valendo-se como agente multiplicador, e devem estudar suas observações e solicitações, propondo soluções corretivas e preventivas, conforme disposto na Norma Regulamentadora 5.

A empresa é responsável pelo cumprimento da NR 4, devendo assegurar, como um dos meios para concretizar tal responsabilidade, o exercício profissional dos componentes dos SESMT. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### **2.7.2 Norma Regulamentadora nº 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**

A CIPA tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador. A CIPA deve ser composta de representantes do empregador e dos empregados, de acordo com o dimensionamento previsto na Norma Regulamentadora 5.

A CIPA tem como principais atribuições:

- Identificar os riscos do processo do trabalho elaborando um mapa de riscos;
- Elaborar um plano de trabalho com ações preventivas de segurança e saúde ocupacional;
- Participar da implementação e do controle da qualidade das medidas preventivas;
- Verificar os ambientes e condições de trabalho;
- Avaliar o cumprimento das medidas fixadas;
- Colaborar no desenvolvimento do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA e Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO;

- Participar, anualmente, de Campanhas de Prevenção da Síndrome da Deficiência Imunológica Adquirida AIDS, em conjunto com a empresa;

- Promover, anualmente, a Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho - SIPAT. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### **2.7.3 Norma Regulamentadora nº 6 - Equipamento de Proteção Individual - EPI**

Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

O equipamento de proteção individual, de fabricação nacional ou importado, só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação - CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego.

A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

a) sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;

b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,

c) para atender a situações de emergência. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### **2.7.4 Norma Regulamentadora nº 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional**

Esta Norma Regulamentadora estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores.

Esta NR estabelece os parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observados na execução do PCMSO, podendo os mesmos ser ampliados mediante negociação coletiva de trabalho.

O PCMSO é parte integrante do conjunto mais amplo de iniciativas da empresa no campo da saúde dos trabalhadores, devendo estar articulado com o disposto nas demais Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. Considera também,

questões incidentes sobre o indivíduo e a coletividade de trabalhadores, privilegiando o instrumento clínico-epidemiológico na abordagem da relação entre sua saúde e o trabalho.

O programa tem caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, inclusive de natureza subclínica, além de constatação da existência de casos de doenças profissionais ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores. Este programa deve ser planejado e implantado com base nos riscos à saúde dos trabalhadores. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### **2.7.5 Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**

Esta Norma Regulamentadora estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

As ações do PPRA devem ser desenvolvidas no âmbito de cada estabelecimento da empresa, sob a responsabilidade do empregador, com a participação dos trabalhadores, sendo sua abrangência e profundidade dependentes das características dos riscos e das necessidades de controle.

O PPRA é parte integrante do conjunto mais amplo das iniciativas da empresa no campo da preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, devendo estar articulado com o disposto nas demais NR, em especial com o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO previsto na NR 7.

Esta NR estabelece os parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observados na execução do PPRA, podendo os mesmos ser ampliados mediante negociação coletiva de trabalho.

Para efeito desta NR, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Consideram-se agentes físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infra-som e o ultra-som.

Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.

Consideram-se agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### **2.7.6 Norma Regulamentadora nº 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**

Esta Norma Regulamentadora estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção.

O Programa de Condições e Meio Ambiente na Indústria da Construção Civil - PCMAT é obrigatório para os estabelecimentos com vinte (20) trabalhadores ou mais, contemplando nos aspectos dispostos na Norma Regulamentadora 18 e outros dispositivos complementares de segurança. Este programa deve ser elaborado e executado por profissional legalmente habilitado na área de segurança do trabalho.

O PCMAT deve ser mantido no estabelecimento à disposição do órgão regional do Ministério do Trabalho.

É vedado o ingresso ou a permanência de trabalhadores no canteiro de obras, sem que estejam assegurados pelas medidas previstas nesta NR e compatíveis com a fase da obra.

A observância do estabelecido nesta NR não desobriga os empregadores do cumprimento das disposições relativas às condições e meio ambiente de trabalho, determinadas na legislação federal, estadual e/ou municipal, e em outras estabelecidas em negociações coletivas de trabalho. (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978).

### 3 METODOLOGIA

Na sequência apresenta-se a classificação do trabalho levado em conta seu nível de profundidade, a sua abordagem e os procedimentos utilizados para coleta de dados. A pesquisa será direcionada ao processo de aplicação da APR e adequação da ferramenta FMEA no gerenciamento de risco associados a uma atividade específica da empresa.

A pesquisa terá uma abordagem qualitativa que é a metodologia de pesquisa não estruturada, exploratória, pois considerará interpretações de gerenciamento de risco e da ferramenta FMEA, considerando o entendimento dos processos como um dos objetivos, não havendo tratamento estatístico para os dados levantados. Segundo Luciano (2001) a abordagem qualitativa considera a existência da relação entre a realidade e o sujeito, ou seja, um vínculo indissociável entre o fenômeno objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em números.

Segundo Gil (1991) com relação à pesquisa é usual a classificação com base em seus objetivos gerais.

Levando em conta o tipo do estudo, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois descreverá as características dos processos analisados em consonância com os objetivos propostos em estudo. Para Gil (1991) as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.

Através da observação direta das atividades de gerenciamento de riscos, entrevistas não estruturadas com profissionais da empresa e a análise de procedimentos existentes. Foi adotada a metodologia de investigação segundo o ponto de vista de Gil (1991). Neste contexto, aplicou-se o estudo de campo para obtenção de dados primários na referida empresa permitindo um amplo e detalhado conhecimento; e para a captação de dados secundários, fez-se uso da pesquisa documental, baseando-se nos “documentos de primeira mão, que não receberam nenhum tratamento analítico. Nessa categoria estão os documentos conservados em instituições privadas” (GIL, 1991). Ainda, confere-se à pesquisa um caráter bibliográfico, já que foram usados materiais publicados como livros e materiais disponibilizados na rede eletrônica.

Este trabalho vem para complementar e aplicar os conhecimentos adquiridos na pesquisa bibliográfica realizada. Procurou-se buscar um exemplo prático sobre o assunto em questão a fim de aplicar a técnica de APR na execução de muro de gabião em uma obra de

infraestrutura e principalmente adequar a planilha do FMEA para gerenciamento de riscos em obras de infraestrutura.

Técnicas de análise de riscos são métodos capazes de fornecer dados concretos que baseiam um processo de decisão de redução de riscos. As técnicas possuem grande generalidade e abrangências, podendo ser aplicadas a quaisquer situações industriais e produtivas.

A escolha da aplicação da APR deve-se ao fato de ser uma análise preliminar, com uma análise inicial de partida e de origem qualitativa. Apesar de seu escopo básico de análise, é muito útil como revisão geral de segurança em sistemas operacionais.

Já o FMEA trata-se de uma análise mais detalhada, aplicada diretamente à falha. Pode ser avaliada quantitativamente também, porém, a pesquisa será aplicada diretamente e exclusivamente ao processo de adequação da planilha do FMEA. Considerará inicialmente a interpretação e análise das informações contidas na bibliografia referente o assunto. De posse destas informações será feita a adequação do FMEA para a indústria da construção civil em obras de infraestrutura, área de atuação da empresa da qual foi realizado a análise preliminar dos riscos e identificado à necessidade de adequar uma ferramenta para gerenciamento dos riscos existentes.

A empresa segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas tem o CNAE Principal: 71.12-0-00 – Serviços de engenharia e CNAE Secundário: 43.13-4-00 – Obras de terraplenagem e tem o grau de risco 03 considerando o CNAE secundário. Esta sediada na cidade de São José estado de Santa Catarina, de sociedade limitada, iniciou suas atividades na década de 90, sendo a sua primeira obra uma parte do sistema de coleta e tratamento de esgoto. Sempre com o espírito de crescimento baseado na qualidade de seus processos e serviços, desde então executou inúmeras obras pelo Brasil. No ano de 2002 iniciou a sua relação com grandes clientes, passando então a prestar serviços com soluções customizadas, demonstrando capacidade para atender os mais altos requisitos exigidos, sendo especializada na prestação de serviços de construção civil, mecânica, tubulação, elétrica, instrumentação e automação industrial. Destaca-se pela capacidade diversificada e por garantir o atendimento às legislações, normas ambientais, de segurança e saúde ocupacional.

Os procedimentos metodológicos para realização deste trabalho constituíram-se primeiramente em conhecer a especificação do serviço de execução do muro de gabião da obra de infraestrutura, após este contato foi realizada visita *in loco* ao canteiro de obra, a fim de analisar como era realizado o serviço de execução do muro de gabião e levantar os riscos existentes na atividade.

Os projetos de construção e ampliação possuem um caráter temporário das instalações, em geral são criadas unidades nos locais das obras durante o tempo de execução da atividade em questão, a empresa tem alguns procedimentos documentados e padrões que discorre as atividades de execução de muro de gabião, sendo que existem tópicos específicos nestes procedimentos que estão relacionados à saúde e segurança mais nada relacionado à gestão de riscos.

### 3.1 ESTRUTURA DE CONTENÇÃO EM GABIÕES

Estruturas de contenção ou de arrimo são obras civis construídas com a finalidade de prover estabilidade contra a ruptura de maciços de terra ou rocha. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços e evitam o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos. Exemplos típicos de estruturas de contenção são os muros de arrimo.

Os materiais utilizados e o formato da estrutura de contenção à gravidade são muito variados. A estrutura (muro) é formada por um corpo maciço que pode ser construído em concreto ciclópico, pedras argamassadas, gabiões ou até a combinação de vários tipos de materiais.

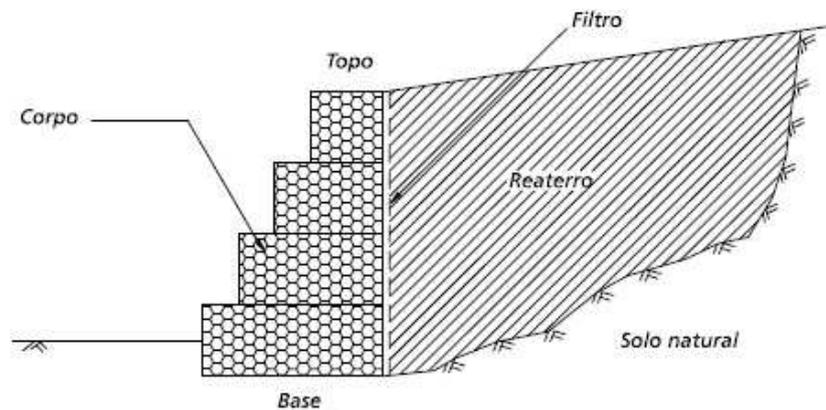


Figura 3 – Representação básica de muro de contenção à gravidade em gabiões

Fonte: O autor, 2013.



Figura 4 – Muro de contenção à gravidade em gabhões

Fonte: O autor, 2013.

As estruturas de gravidade em gabhões já são um tradicional sistema de contenção, sua utilização é crescente, e os campos de utilização são mais amplos a cada dia. No Brasil esta solução começou a ser utilizada no início dos anos 70 e hoje já existem muitas obras em todas as regiões do país.

Essas estruturas são extremamente vantajosas, do ponto de vista técnico e econômico, na construção de estruturas de contenção, pois possuem um conjunto de características funcionais que inexistem em outros tipos de estruturas.

São utilizados em estabilização de taludes, obras hidráulicas e viárias, etc. e podem ser encontrados em três formatos: caixas, colchões, sacos; em diferentes tamanhos.

A palavra provém do italiano *gabbione*, aumentativo de *gabbia*, que significa gaiola.

Todas as unidades são firmemente unidas entre si através de costuras com arames de mesmas características daqueles da malha, de modo a formar uma estrutura monolítica.

De baixo impacto ambiental; atualmente, as obras de engenharia de infraestrutura devem causar o menor impacto possível ao meio ambiente necessitando a aprovação, sob este enfoque, por parte dos órgãos competentes. As estruturas em gabhões se adaptam muito bem a este conceito, durante sua construção e ao longo da vida de trabalho da obra.

São elementos modulares, com formas variadas, confeccionados a partir de telas metálicas em malha hexagonal de fios de aço recozido e galvanizado de dupla torção que, são amarrados nas extremidades e vértices por fios de diâmetro maior, preenchidos com pedras de

granulometria adequada e costurados juntos, formam estruturas destinadas à solução de problemas geotécnicos, hidráulicos e de controle da erosão. A montagem e o enchimento destes elementos podem ser realizados manualmente ou com equipamentos mecânicos comuns.

Os gabiões são estruturas armadas, flexíveis, drenantes e de grande durabilidade e resistência. A permeabilidade em torno de 30% dos gabiões é um fator relevante para aplicação da tecnologia em contenção, já que, associado ao uso de mantas geotexteis, a solução permite construir estruturas monolíticas altamente drenantes.

As dimensões usuais dos gabiões são: comprimento de 2 m e seção transversal quadrada com 1m de aresta. No caso de muros de grande altura, gabiões mais baixos (altura = 0,5 m), que apresentam maior rigidez e resistência, devem ser posicionados nas camadas inferiores, onde as tensões de compressão são mais significativas. Para muros muito longos, gabiões com comprimento de até 4 m podem ser utilizados para agilizar a construção.

A rede metálica que compõe os gabiões apresenta resistência mecânica elevada. No caso da ruptura de um dos arames, a dupla torção dos elementos preserva a forma e a flexibilidade da malha, absorvendo as deformações excessivas. O arame dos gabiões é protegido por uma galvanização dupla e, em alguns casos, por revestimento com uma camada de PVC. Esta proteção é eficiente contra a ação das intempéries e de águas e solos agressivos.

As principais características dos muros de gabiões são a flexibilidade, que permite que a estrutura se acomode a recalques diferenciais e a permeabilidade.

### **3.1.1 Gabiões Tipo Caixa**

O gabião tipo caixa é a estrutura metálica que está sendo utilizada na obra em análise, tem a forma de paralelepípedo, produzida a partir de um único pano de malha hexagonal de dupla torção, que forma a base, a tampa e as paredes frontal e traseira. A este pano base são unidos, durante a fabricação, painéis que formarão as duas paredes das extremidades e os diafragmas.

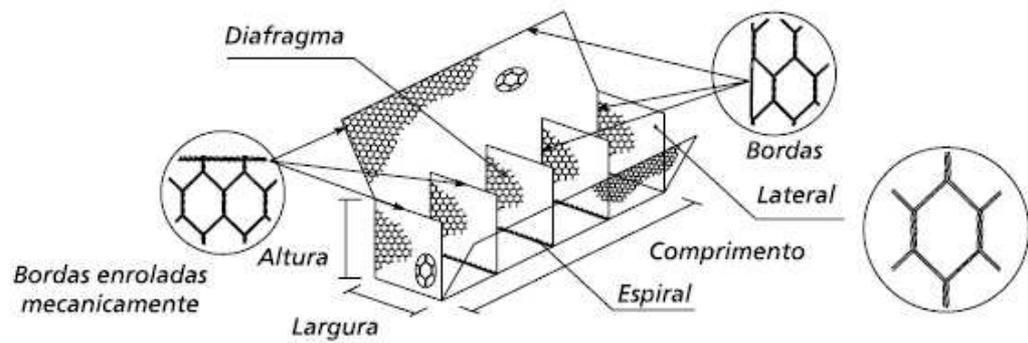


Figura 5 – Elementos constituintes dos gabiões tipo caixa

Fonte: O autor, 2013.



Figura 6 – Detalhe construtivo do gabião tipo caixa da obra

Fonte: O autor, 2013.

Depois de retirado do fardo, cada elemento deve ser completamente desdobrado e montado em obra, posteriormente transportado e instalado, conforme definido em projeto, e amarrado, ainda vazio, aos gabiões adjacentes.

### 3.1.2 Colocação em Obra de Gabiões Tipo Caixa

Os gabiões tipo caixa são fornecidos dobrados e agrupados em fardos. O arame necessário para as operações de montagem e união dos gabiões pode ser enviado dentro do mesmo fardo ou separado.

O fardo deve ser armazenado, sempre que possível, em um lugar próximo ao escolhido para a montagem. O lugar onde serão montados os gabiões, para facilitar o trabalho, deverá ser uma superfície dura e plana.

O gabião é constituído por um pano único que formará as paredes superior, anterior, inferior e posterior da caixa. A este pano são fixados dois panos menores que, uma vez levantados, constituirão as faces laterais. Outro(s) pano(s) será(ão) colocado(s) unido(s) ao pano maior com uma espiral para permitir a formação do(s) diafragma(s) interno(s). Todos os panos são em malha hexagonal de dupla torção produzida com arames metálicos.

A montagem consiste, inicialmente, em retirar cada peça do fardo e transportá-la, ainda dobrada, ao lugar preparado para a montagem, onde então será desdobrada sobre uma superfície rígida e plana, e, com os pés e/ou régua de madeira, serão tiradas todas as irregularidades e vincos dos painéis resultante da otimização dos fardos para transporte (Figura 7).

Certificar-se de que o gabião esteja nivelado.

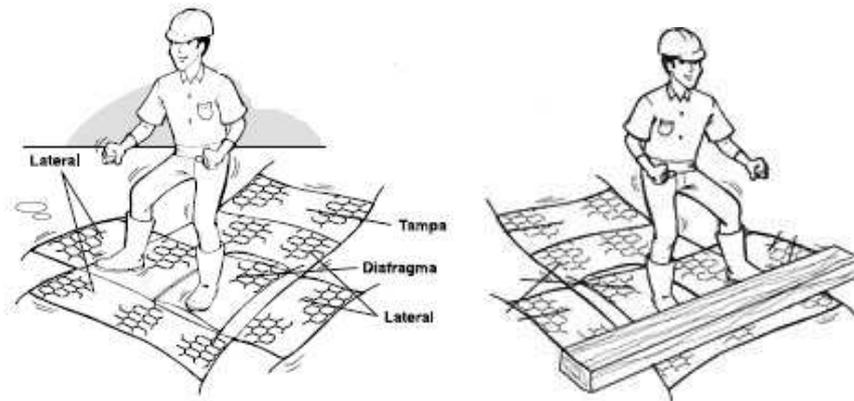


Figura 7 – Preparação para montagem do Gabião

Fonte: O autor, 2013.

A seguir, a face frontal e a tampa são dobradas e levantadas até a posição vertical, assim como a face posterior. Obtém-se assim o formato de um paralelepípedo aberto (uma caixa). Uma vez formada esta caixa, unem-se fios de borda que se sobressaem nos cantos dos panos de tela torcendo-os entre si.

Levantar os painéis laterais e os diafragmas afim de obter a forma de uma caixa aberta segurá-lo em pé através da dobragem das extremidades do fio de reforço das arestas de modo que o gabião se mantenha em pé por si mesmo (Figura 8).

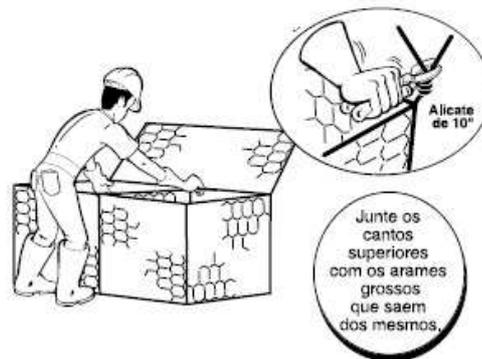


Figura 8 – Posicionamento e nivelamento dos painéis laterais e diafragmas

Fonte: O autor, 2013.



Figura 9 – Caixa de Gabião

Fonte: O autor, 2013.

Usando o arame enviado junto com os gabiões amarram-se as arestas verticais que estão em contato. Da mesma forma é(são) amarrado(s) o(s) diafragma(s) separador(es). Desta forma, o gabião ficará separado em células iguais.

Para cada aresta de 1 m de comprimento, são necessários aproximadamente 1,4 m de arame. A tampa, nesta etapa, deve ser deixada dobrada sem ser amarrada.

O elemento, já montado, é transportado (de forma individual ou em grupos) até o lugar definido no projeto e posicionado apropriadamente. Os elementos, então, são amarrados, ainda vazios, uns aos outros ao longo de todas as arestas de contato (menos as das tampas), formando a primeira camada da estrutura.

Para montar os gabiões tem que posicionar diversos gabiões vazios lado a lado. Para evitar a fuga de finos do solo, é necessário utilizar filtro de material geotêxtil não tecido entre o solo e o gabião. Devido à sua textura porosa e permeável, esse elemento permite rápida percolação da água.

As tampas devem ser dobradas em direção à face externa e dispostas de tal maneira que o enchimento seja facilitado.

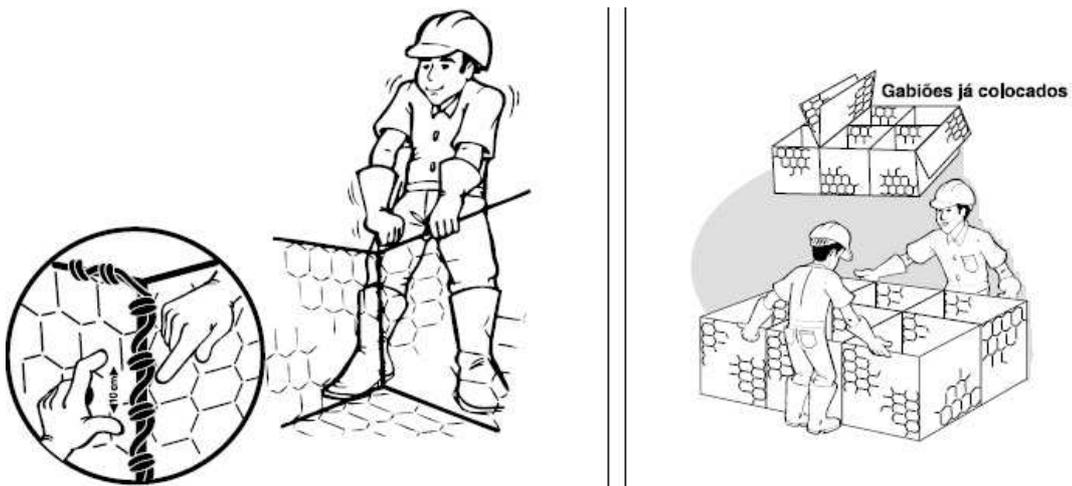


Figura 10 – Costura das arestas e posicionamento dos gabiões

Fonte: O autor, 2013.



Figura 11 – Costura das arestas dos gabiões

Fonte: O autor, 2013.

Os gabhões são unidos, utilizando agrafos ou fio metálico. O fio metálico deverá ser passado através de todas as malhas fazendo uma volta dupla em cada duas malhas. A união entre gabhões deve ser feita entre todas as arestas e é aconselhável efetuar esta operação antes do seu enchimento.

Toda e qualquer camada de gabhões deverá ser ligada à camada subjacente na frente e no tardo do muro. É essencial ligar os vários componentes conforme a descrição efetuada de forma a obter-se uma estrutura monolítica capaz de resistir a cargas e deformações severas.

Pôr em tensão o conjunto de gabhões vazios a fim de ficar com o painel da frente bem esticado.

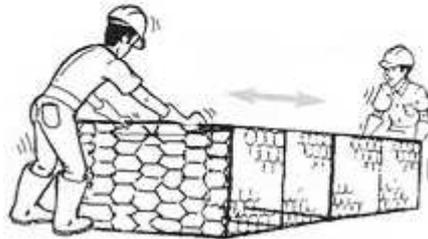


Figura 12 – Tensão o conjunto de Gabião

Fonte: O autor, 2013.

Na frente e na traseira dos gabhões, colocar a cofragem (figura 13) atando-a com fio de ligadura de modo que a rede esteja bem esticada e junta uniformemente com a cofragem.

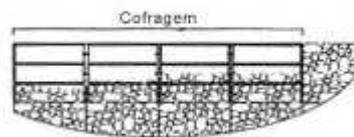


Figura 13 – Cofragem

Fonte: O autor, 2013.

Esta operação é essencial para garantir um paramento plano e uniforme. Para um melhor resultado da operação de ligação é aconselhável à utilização de especiais agrafos, colocados com uma pistola pneumática, que garantem uma perfeita ligação do conjunto. Os agrafos devem ser revestido em uma liga eutética de zinco/alumínio e colocados num intervalo de 8 a 12 cm, em função da malha e dos materiais de enchimento assim como o tipo

de trabalho a ser realizado. Para evitar deformações as faces dos gabiões devem sempre apresentar a malha no sentido vertical.

O plano de apoio deve ser previamente preparado e nivelado. Deve ser assegurado que as características de resistência do terreno sejam aquelas consideradas no projeto. Caso contrário, a camada superior do terreno deve ser substituída por material granular de boas características (uma resistência menor que a prevista pode colocar em risco a estabilidade da obra).

Para garantir que a estrutura apresente a estética esperada, um bom acabamento do paramento frontal deve ser garantido. Para isso deve-se recorrer à utilização de um tirfor ou um gabarito (figura 14).

O gabarito pode ser formado por três tábuas de madeira de aproximadamente 2 a 3 cm de espessura, 4 a 5 m de comprimento e 20 cm de largura, mantidas paralelas a uma distância de 20 cm uma da outra por tábuas transversais menores, formando grelhas de aproximadamente 1 x 4 m ou 1 x 5 m. O gabarito deve ser fixado firmemente ao paramento externo, usando o mesmo arame de amarração.

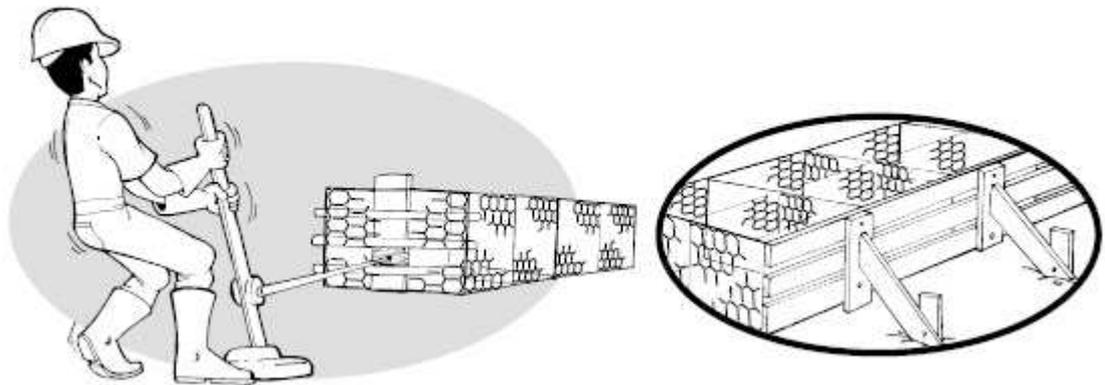


Figura 14 – Detalhe do gabarito

Fonte: O autor, 2013.



Figura 15 – Gabarito

Fonte: O autor, 2013.

Para o preenchimento devem ser usadas pedras limpas, compactas, não friáveis e não solúveis em água, tais que possam garantir o comportamento e a resistência esperada para a estrutura. Na obra em análise o gabião é cheio com pedra britada – tipo rachão. É recomendável a utilização de material de enchimento duro e de peso específico elevado ou seja superior a 22 kN. A granulometria da pedra deve estar compreendida entre os 10 e 20 cm.

No entanto, material de maiores ou menores dimensões é tolerável desde que o seu volume não ultrapasse 10% do volume total do gabião a preencher e, no caso de menor dimensão, seja colocado no interior dos gabiões.

As pedras devem ser colocadas e/ou acomodadas apropriadamente para reduzir ao máximo o índice de vazios, conforme previsto no projeto que é entre 30% e 40%, encher os gabiões conservando estes esticados durante toda operação, até alcançar aproximadamente 0,33 m de altura, no caso de gabiões com 1,0 metro de altura, ou 0,25 m para os de 0,50 m de altura. Devem, então, ser colocados dois tirantes (tensores) horizontalmente a cada metro cúbico (em cada célula). Tais tirantes devem ser amarrados a duas torções (mínimo quatro arames distintos) da face frontal (aproveitando o espaço existente entre as tábuas do gabarito) e a duas da face posterior de cada célula.

Colocação de tirantes na frente e no tardo do muro ( $4/m^2$  de parede), estes tirantes são executados com o arame fornecido com os gabiões e ligam o paramento a vista dos gabiões, á face oposta ou contígua.

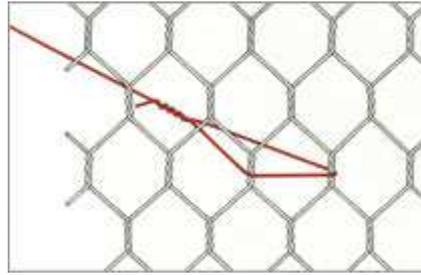


Figura 16 – Colocação de tirantes

Fonte: O autor, 2013.

Os tirantes são colocados, depois de cada camada de pedra, em 1/3 e em 2/3 da altura para gabiões de 1.00 m e a meia altura para os gabiões de 0.50 m.



Figura 17 – Camada de pedra

Fonte: O autor, 2013.

Após esta etapa inicial do enchimento, para gabiões com 1,0 metro de altura, deve ser preenchido outro terço da célula e repetida a operação anteriormente mencionada para os tirantes. Deve ser tomado o cuidado para que a diferença entre o nível das pedras de duas celas vizinhas não ultrapasse 0,33 m, para evitar a deformação do diafragma ou das faces laterais e, conseqüentemente, facilitar o preenchimento e posterior fechamento da tampa.

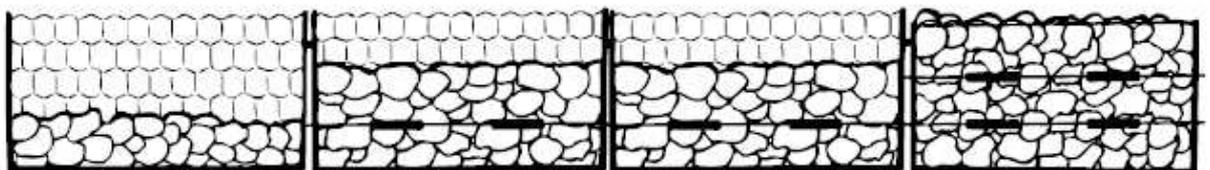


Figura 18 – Detalhe das etapas de enchimento

Fonte: O autor, 2013.



Figura 19 – Etapas de enchimento

Fonte: O autor, 2013.

Por fim, completa-se o preenchimento de cada cela até exceder sua altura em aproximadamente três a cinco centímetros. Superar este limite pode gerar dificuldades na hora do fechamento dos gabhões.

Para os gabhões com 0,50 m de altura, preenche-se, inicialmente, até metade da altura da caixa, colocam-se os tirantes, e completa-se o enchimento até 3 a 5 cm acima da altura de cada cela.

O enchimento dos gabhões tipo caixa pode ser realizado manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecânicos (escavadeira e retroescavadeira). A pedra deve ter tamanho levemente superior à abertura das malhas.

Nas extremidades da obra e em gabhões de grandes comprimentos deverão ser colocados tirantes complementares. Deve ter atenção ao enchimento dos cantos para não permitir a deformação dos painéis laterais.

Uma vez completado o preenchimento das células, a tampa, que havia ficado dobrada, é então desdobrada e posicionada sobre a caixa com a finalidade de fechar superiormente o gabião, sendo amarrada ao longo de seu perímetro livre a todas as bordas superiores dos painéis verticais. A amarração deve, sempre que possível, unir também a borda em contato com o gabião vizinho.

O gabião deve ser fechado e a tampa unida aos painéis laterais com as operações de união atrás descritas e de modo que fique bem esticada; aconselha-se de unir em primeiro

ligar os dois cantos da tampa com os dois cantos da base do gabião e só depois ligar completamente a tampa à base.

Para não haver folgas e para compensar o inevitável assentamento devido às cargas transmitidas pelas fiadas sucessivamente sobrepostas, o enchimento dos gabiões deve ultrapassar a sua capacidade em altura, em pelo menos 5 cm.

Uma vez o gabião cheio e antes de fechá-lo, as caixas podem ser postas de nível com pedras mais pequenas para permitir um bom assentamento do nível superior.

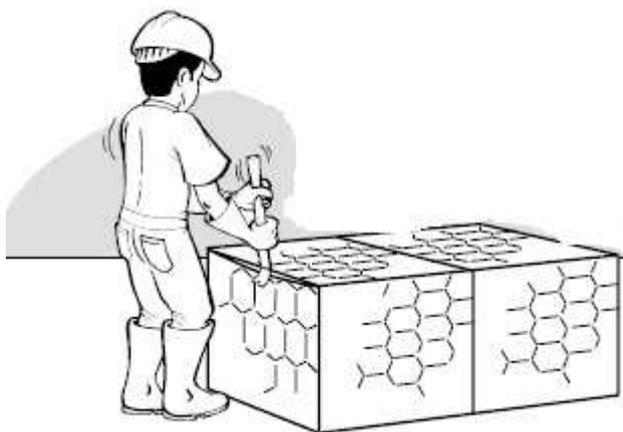


Figura 20 – Detalhe da etapa de fechamento do gabião tipo caixa

Fonte: O autor, 2013.

### 3.2 IMPLANTAÇÃO DA TÉCNICA APR

Através de visitas *in loco* para acompanhar os serviços de execução do muro de gabião e referencias bibliográficas, identificou-se os riscos preliminares da atividade.

Após a escolha do serviço em uma obra de infraestrutura, descreveu-se as etapas e operações envolvidas no processo de execução, para a realização do trabalho foram seguidas as etapas abaixo para a aplicação da Análise Preliminar de Riscos - APR:

- Estudo e avaliação dos dados construtivos, englobando os princípios gerais do serviço e de funcionamento dos equipamentos envolvidos. Observou-se a sequencia das etapas de serviço na qual se teve a explanação dos operadores e encarregado de processos;

- Preparação de fonte de dados: com as informações obtidas tornou-se possível dividir o serviço em subsistemas e obter dados suficientes para a realização das reuniões;

- Realização de reuniões: para a identificação de riscos foram realizadas reuniões com algumas pessoas da empresa, formando-se um grupo de trabalho. Primeiramente, procurou-se explicar o objetivo da aplicação da técnica e os benefícios que a mesma poderá trazer para a empresa. A seguir, contando com a participação dos integrantes do grupo, fez-se a apresentação da tabela de severidade de acordo com a realidade da empresa para posterior aplicação da técnica e preenchimento da planilha. Nestas reuniões procurou-se discutir situações de risco já ocorridas ou que possam vir a ocorrer, bem como, as medidas preventivas para minimizar que os mesmos ocorram explorando o conhecimento e experiência deste grupo de trabalho.

Para melhor classificar os riscos quanto à gravidade, adaptações foram feitas nas categorias de severidade para a realidade da empresa. Desta forma, utilizou-se as seguintes tabelas:

Tabela 7 – Descrição da escala de severidade

SEVERIDADE			
GRAU	EFEITO	DESCRIÇÃO	AFASTAMENTO
1	Leve	Acidentes que não provocam lesão corporal ou perturbação funcional.	Sem afastamento.
2	Moderado	Acidentes com afastamento e lesões não incapacitantes.	Afastamento de 1 a 30 dias.
3	Grande	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, sem perdas de membros (fraturas, cortes profundos).	Afastamento de 31 a 60 dias.
4	Severo	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, com perdas de membros (superior e/ou inferior).	Afastamento de 61 a 90 dias.
5	Catastrófico	Morte ou invalidez permanente.	Não há retorno à atividade laboral.

Fonte: O autor, 2013.

Tabela 8 – Descrição da escala de frequência

FREQUÊNCIA OU PROBABILIDADE			
GRAU	OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA
1	Improvável	Baixíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 02 anos
2	Possível	Baixa probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 01 ano
3	Ocasional	Moderada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada semestre
4	Regular	Elevada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 03 meses
5	Certa	Elevadíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez por mês

Fonte: Catai, 2012.

Tabela 9 – Descrição da escala do índice de risco

ÍNDICE DE RISCO E GERENCIAMENTO DAS AÇÕES		
ÍNDICE DE RISCO	TIPO DE	NÍVEL DE AÇÕES
até 3 (severidade < 3)	Riscos Triviais	Não necessitam ações imediatas.
de 4 a 6 (severidade < 4)	Riscos Toleráveis	Não requerem ações imediatas. Poderão ser implementadas em ocasião oportuna e com os recursos apropriados.
de 8 a 10 (severidade < 5)	Riscos Moderados	Requer ações, definição de prazo e responsabilidades para a implementação.
de 12 a 20	Riscos Relevantes	Exige a implementação imediata das ações (preventivas e de detecção). O trabalho pode ser liberado para execução com acompanhamento e monitoramento contínuo. Podem ser interrompidos caso apresente condições adversas.
> 20	Riscos Intoleráveis	Os trabalhos não poderão ser iniciados e se estiver em curso, deverão ser interrompidos de imediato e somente poderão ser reiniciados após implementação de ações corretivas e autorização.

Fonte: O autor, 2013.

O risco pode estar presente, mas os cuidados implantados diminuem sua severidade. Desta forma, o risco varia na proporção direta da probabilidade e da severidade, sendo quanto maior a probabilidade e a severidade, maior o risco. Perigo é a fonte ou situação com potencial para o dano, em termo de lesões e ferimentos para o corpo humano ou danos para a saúde, para o patrimônio, para o ambiente local de trabalho, ou uma combinação destes. Risco é a combinação da probabilidade e da(s) consequência(s) da ocorrência de um determinado acontecimento perigoso.

A Gestão de Riscos pode ser definida como o conjunto de procedimentos que visa controlar, monitorar, hierarquizar e reduzir os riscos associados à segurança do trabalhador e a obra. Nesse sentido, a gestão de riscos identifica e quantifica os riscos e consequências. O resultado do gerenciamento de riscos depende dos níveis de tolerância e aceitabilidade pré-definidos pela empresa, podendo ser aceitáveis ou inaceitáveis.

### 3.3 METODOLOGIA DE GESTÃO DE RISCO ADOTADA PELA EMPRESA

A empresa parte da premissa de que os problemas durante a execução de suas obras originam-se no próprio canteiro e devem ser resolvidos no próprio campo.

A metodologia adotada para gerenciamento de risco que a empresa utiliza é apresentado no fluxograma geral conforme mostra a figura 21.

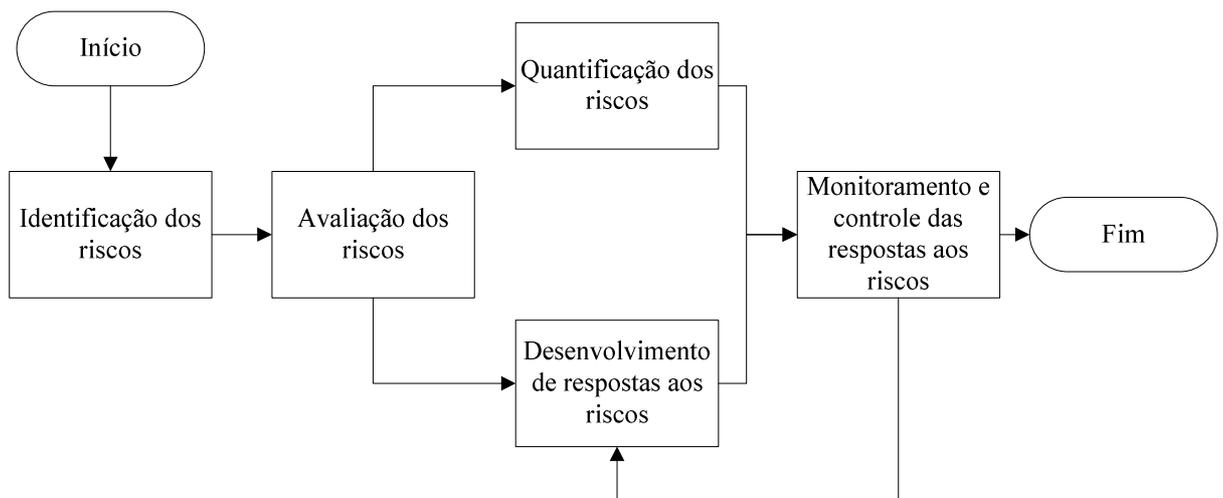


Figura 21 – Fluxograma geral do gerenciamento de riscos

Fonte: O autor, 2013.

A Gestão de Riscos é composta por 05 (cinco) etapas:

- Identificação dos Riscos;
  - Avaliação dos Riscos;
  - Quantificação dos Riscos;
  - Respostas aos Riscos;
  - Monitoramento e Controle das Respostas aos Riscos.
- } Usualmente chamadas de Análise de Riscos

Todo risco é composto por três elementos; um evento, a probabilidade de sua ocorrência e o impacto dessa ocorrência. A etapa de identificação dos riscos consiste no levantamento e registro de todos os possíveis eventos que possam vir a ocorrer e que tenham consequências positivas ou negativas.

Nesta etapa de identificação devem ser considerados todos os eventos, sem uma análise da sua significância. A identificação dos riscos pode ser feita utilizando-se, isolada ou

conjuntamente, as ferramentas a seguir: Check-list e inspeções. O formulário existente não atende um grande número de atividades e não seria suficiente para estabelecer medidas de controle dos riscos intrínsecos as situações encontradas nas obras.

A segunda etapa de avaliação dos riscos consiste no processo de qualificação e priorização dos riscos identificados anteriormente, de acordo com a avaliação da probabilidade de ocorrência e do seu impacto.

E fechando a Análise de Risco a terceira etapa consiste na quantificação da probabilidade e do impacto associados a cada um dos riscos analisados.

## **4 ANALISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RISCOS**

Existem diversas ferramentas de análise de risco sendo utilizadas no universo corporativo. Os métodos utilizados se diferenciam principalmente pelo tipo de empreendimento analisado e pela fase em que a análise do risco será realizada.

Durante a aplicação da técnica APR na empresa, coordenou-se de uma forma sistemática o grupo de trabalho com os engenheiros e técnicos de segurança do trabalho, explorando o conhecimento dos mesmos, para adequar o formulário às reais necessidades da empresa e da atividade em questão, bem como, a divisão de subsistemas e seu funcionamento e preenchimento do formulário. Foram realizados questionamentos a respeito da possibilidade da ocorrência de acidentes em cada subsistema, suas possíveis causas e efeitos, além de discutir medidas preventivas. Abordaram-se todos os tipos de risco possíveis, tais como: riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e acidentes.

A maior dificuldade encontrada durante a aplicação da APR foi o consenso nas discussões do item referente à classificação da severidade das hipóteses de acidentes identificadas. Entretanto, ponderando o propósito das categorias de severidade aplicadas a APR, chegou-se finalmente a um consenso.

A classificação de perigos, ou seja, a determinação da intensidade do risco é uma ferramenta que pode ajudar na prevenção de acidentes, pois, enquanto a identificação de perigos apenas os enumera, a classificação de riscos fornece muitas probabilidades.

A abrangência dos riscos deve incluir todas as operações programadas e não programadas da atividade ou até mesmo da obra como um todo. Assim também, os serviços prestados por terceiros, históricos de problemas, tendo como base todos os riscos envolvidos observados.

Gerenciamento de riscos é a implementação de estratégias de controle e prevenção, que são definidas a partir da avaliação da ferramenta de controle disponível e dos benefícios, da aceitabilidade dos riscos. O gerenciamento de risco, por outro lado, contempla imensa gama de ações; mudanças no processo construtivo.

Na tabela 10 apresenta-se a Análise Preliminar de Risco realizada em campo juntamente com os profissionais da empresa.

Tabela 10 – APR realizada em campo

SEQUENCIA DAS ETAPAS DE TRABALHO	RISCO	CAUSA	DANO	FREQ.	SEV.	RIS.	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA RECOMENDADOS / MEDIDAS PREVENTIVAS
1- MARCAÇÃO TOPOGRÁFICA	Atropelamento	Uso de veículo	Lesões	1	2	2	Boa sinalização, colaborador no local adequado para execução do trabalho.
	Pancadas nas mãos (prensagem)	Cravar estacas	Lesões e contusão	4	4	16	Uso de luvas adequadas para função.
	Corte e perfurações (farpas)	Manuseio de estacas	Corte	4	2	8	Uso de luvas adequadas para função, uso de bota de borracha cano longo.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Uso de ferramenta inadequada	Ferramentas de trabalho	Fratura, luxação e lesões	3	2	6	Ferramentas sempre em bom estado
2-ESCAVAÇÃO	Ruído contínuo ou intermitente	Ambiente da obra e operar máquinas e equipamentos necessários.	Dor de cabeça, surdez temporária, perda auditiva permanente	2	3	6	Uso de protetor auricular
	Pancadas generalizadas	Movimentação de equipamento e ferramentas	Contusão, lesão grave	4	3	12	Permanecer distante do giro da escavadeira.
	Queda de funcionário	Mudança de nível	Lesão	4	3	12	Delimitar com cones e fita zebra limite de risco.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Vibrações	Máquinas e equipamentos utilizados na obra	Cansaço, irritação, dores nos membros, dores na coluna	2	2	4	
	Poeiras	Serviços de escavação	Pneumoconioses	3	3	9	Solicitada atenção dos funcionários envolvidos na frente de serviço, seguir a sinalização e utilização de EPIs
	Desmoronamento e soterramento	Durante a escavação do solo (talude)	Tombamento do equipamento, soterramento e asfixia	4	4	16	Estudar em todo deslocamento da máquina a resistência do terreno, observar existências de redes subterrâneas, cuidado com comprometimento da estabilidade sob a máquina. Isolamento da área
3- REGULARIZAÇÃO COM RETROESCAVADEIRA	Desmoronamento e soterramento	Do solo escavado/talude	Tombamento do equipamento, soterramento, lesões	4	4	16	Nunca escavar em caixote, proibir aproximação de equipamentos pesados na borda da vala.
	Ruído contínuo ou intermitente	Ambiente da obra e operar máquinas e equipamentos necessários.	Dor de cabeça, surdez temporária, perda auditiva permanente	2	3	6	Uso de protetor auricular
	Pancadas	Movimentação de equipamento e ferramentas	Contusão, lesão grave	4	3	12	Delimitar área para pessoas não participantes no processo, obedecer ao momento exato para executar o comando.
	Ruído contínuo ou intermitente	Ambiente da obra e operar máquinas e equipamentos necessários.	Dor de cabeça, surdez temporária, perda auditiva permanente	2	3	6	Uso de protetor auricular.
	Prensagem	Equipamento e ferramentas	Esmagamento	3	3	9	Obedecer ao momento exato para executar o comando.
4- CARGA E TRANSPORTE TELAS COM MUCK	Prensagem	Telas de gabião	Esmagamento	4	4	16	Utilizar luva de raspa, apenas pessoas treinadas.
	Cargas suspensas sobre funcionário	Movimentação de carga	Lesão grave	3	4	12	Proibir a permanência de colaboradores sob cargas suspensas.

Tabela 10 – APR realizada em campo (Continuação)

SEQUENCIA DAS ETAPAS DE TRABALHO	RISCO	CAUSA	DANO	FREQ.	SEV.	RIS.	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA RECOMENDADOS / MEDIDAS PREVENTIVAS
5- MONTAGEM E ARAMAÇÃO DOS CESTOS	Má manipulação das peças de aço	Preparação e nivelamento do gabião	Cortes	4	3	12	Montar esqueleto fora do local determinado, proibir pessoas não envolvidas no processo, manter local limpo e organizado.
	Arranjo físico inadequado	Posicionamento do gabião e falta de espaço na montagem dos cestos	Esmagamento de dedos	4	3	12	Dimensionar espaço físico adequado, manter local limpo e organizado, classificar telas por tamanho.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Projeção de partículas ou corpo estranho na vista	Corte do arame, agrafos ou fio metálico	Lesões oculares	3	3	9	Usar óculos de segurança contra impacto.
6-MONTAGEM DA FORMA DE SUSTENTAÇÃO	Prensagem	Posicionamento dos moldes	Esmagamento e lesões nos dedos	3	3	9	Luva protetora, manusear adequadamente os materiais, dimensionar espaço físico.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Perfurações com prego	Preparação dos moldes com madeira	Corte contuso	3	2	6	Ao realizar manobras com madeira ter cuidado para não atingir o colega, selecionar a madeira com antecedência em outro local, determinar auxílio de ajudante, manusear com cautela a madeira utilizada anteriormente evitando assim superfícies pontiagudas.
7- LANÇAMENTO MANUAL DO CESTO	Prensagem	Posicionamento do gabião	Esmagamento e lesões nos dedos	4	3	12	Combinar manobra com todos em sintonia, colocação na caixa com cautela, revisar local a ser utilizado para melhor posicionamento do encaixe.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Postura inadequada	Durante a manobra de lançamento do cesto e arranjo físico	Entorse	3	2	6	Ginástica laboral.
8-LANÇAMENTO PEDRA RACHÃO E ARRUMAÇÃO DA CAIXA	Pancada na cabeça	Enchimento mecânico camada de pedra	Lesão grave	2	3	6	Uso de capacete de segurança.
	Superfície irregular	Entrada nas caixas do gabião	Lesões e escoriações	3	3	9	Entrar no cesto quando o mesmo já estiver com boa quantidade de pedras graúdas
	Prensagem	Camada de pedra rachão	Escoriações	3	2	6	Utilizar luva de nitril
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Postura inadequada	Execução de arrumação dentro do cesto	Entorse	3	2	6	Trabalhar com limite produtivo por cesto, alternar atividades entre colaboradores da frente
	Corpo estranho na vista	Pó de pedra, corte do arame e/ou fio metálico	Complicações oculares	3	2	6	Uso de óculos de segurança contra impacto.
9-FECHAMENTO DA TAMPA	Queda de funcionário	Mudança de nível	Lesão, escoriações	4	3	12	Ao subir ou descer utilizar-se acesso seguro, evitar correrias, manter local desobstruído.
	Radiações não ionizantes (radiação solar)	Permanecer na obra a céu aberto	Queimaduras e lesões na pele	3	3	9	Uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar.
	Corpo estranho na vista	Pó de pedra e/ou fio metálico	Complicações oculares	2	2	4	Utilização de óculos de segurança contra impacto.

Fonte: O autor, 2013.

## 4.2 ADEQUAÇÃO DO FMEA

A construção civil apresenta problemas de ordem gerencial, que inclui falhas principalmente na comunicação. Problemas quanto à gestão da saúde e segurança no trabalho são muitas vezes considerados comuns e não despertam as atenções da gerência da obra e dos funcionários como deveriam, pois outros assuntos tornam-se prioritários.

Analisando as dificuldades na percepção e identificação de risco é que o método a ser considerado e adaptado serve para utilizar em qualquer ambiente de trabalho da empresa em questão, desde que previamente, e tem como finalidade avaliar os riscos existentes e centralizar esforços no sentido de reduzir o número de acidentes.

A proposta inicial desta monografia que é a adequação da planilha do FMEA para analisar, documentar e conduzir de forma segura e eficaz o gerenciamento dos riscos adequado à realidade da empresa.

Levando em consideração que as normas trazem um conjunto de melhores práticas, isto facilita a utilização da ferramenta, que tem como objetivo identificar de forma ágil como uma atividade pode falhar e o que fazer para prevenir a ocorrência dessa falha.

A empresa apresenta um processo de gerenciamento de risco estruturado com base em cinco etapas desde identificação até o monitoramento, mais é na experiência de seus profissionais que se baseia o gerenciamento, portanto o FMEA vai agregar valor, pois as etapas do gerenciamento de risco, tais como, identificação do risco, análise de riscos, avaliação dos riscos, respostas a riscos e monitoramento e controle se enquadram no que é proposto no formulário.

Esse método utiliza técnicas qualitativas no que diz respeito à identificação de falhas e de sistemas críticos, e utiliza técnicas quantitativas na determinação da probabilidade de falha do sistema. A adequação da ferramenta vai ser para o uso na prevenção acidente na construção civil, determinar quais características do processo necessita de controles adicionais e rever os controles atuais.

Para que seja viável a utilização da técnica para a gestão de riscos da empresa, faz-se necessária a reestruturação do formulário padrão do FMEA.

Na tabela 14 observa-se o formulário adaptado. Os dados do cabeçalho foram reestruturados para a realidade e necessidade da empresa.

A primeira coluna ficou definida o Setor/Atividade da obra que esta sendo analisada.

A coluna da Função é a principal aplicação do componente aqui verifica para que ele está sendo concebido, ficou sinalizada as Etapas de Trabalho (natureza da atividade que estão sendo avaliada), Atributos (subdivisão das etapas de trabalho).

A coluna Modo de Falha Potencial representa a maneira pela qual as etapas de trabalho podem falhar potencialmente em atender aos requisitos descritos na coluna Setor/Atividade.

Os Possíveis Efeitos da Falha são os efeitos potenciais no sistema, ou seja, na execução da atividade que esta sendo analisada e a coluna que indica a natureza podemos listar os riscos ambientais: os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho, todos aqueles percebidos pela equipe de trabalho.

A Severidade é o grau de seriedade/importância de cada efeito da falha potencial, normalmente medida em uma escala de 1 a 10, para atender a realidade da empresa os critérios devem ser estabelecidos pela equipe e modificados daqueles que são apresentados nas bibliografias.

Tabela 11 – Índice de Severidade

<b>Efeito</b>	<b>Índice de Severidade</b>
Perigoso - Sem advertência	10
Perigoso - Com	9
Muito alto	8
Alto	7
Moderado	6
Baixo	5
Muito baixo	4
Menor	3
Muito menor	2
Nenhum	1

Fonte: O autor, 2013.

As causas da falha são indicações de fraquezas, em consequência da qual ocorre o modo de falha.

A Ocorrência define a probabilidade de ocorrência da causa da falha potencial, normalmente medida em uma escala de 1 a 10 apresentando o percentual, para atender a realidade da empresa os critérios devem ser estabelecidos pela equipe de trabalho.

Tabela 12 – Índice de Ocorrência

<b>Probabilidade da falha</b>	<b>Índice de Ocorrência</b>
Muito alta	10
Muito alta	9
Alta	8
Alta	7
Moderada	6
Moderada	5
Baixa	4
Baixa	3
Remota	2
Remota	1

Fonte: O autor, 2013.

A coluna de Controles Operacionais Existentes do Processo define que tipo de controle esta sendo realizado até o momento naquela atividade, pode ser constatado que não existe nenhum tipo de controle ou até mesmo está inadequado para o sistema.

A Detecção constitui a probabilidade da causa da falha potencial ser identificada antes da falha chegar ao cliente, normalmente medida em uma escala de 1 a 10.

Tabela 13 – Índice de Detecção

<b>Detecção</b>	<b>Índice de Detecção</b>
Totalmente incerta	10
Muito remota	9
Remota	8
Muito baixa	7
Baixa	6
Moderada	5
Moderadamente alta	4
Alta	3
Muito alta	2
Quase certa	1

Fonte: O autor, 2013.

As tabelas de severidade, ocorrência e detecção não foram ajustadas, pois a organização tem que estabelecer conforme sua necessidade com base nas tabelas propostas nas bibliografias.

A coluna RPN é estabelecida por meio da multiplicação desses três índices. Com esse valor é possível priorizar os riscos da maior pontuação a menor e, por meio de identificação visual analisar se o tipo de resposta é alto (vermelho), média (amarela) e baixa (verde). O

critério adotado pode ser estabelecido em conjunto com a empresa onde valores maiores ou igual à 250 ficam no nível alto e devem ser tratados de forma especial e urgente, devido à sua alta ocorrência, alta severidade ou baixa capacidade de detecção, valores maiores e igual a 200 nível médio e menor que 200 nível baixo.

A coluna da estratégia define qual estratégia de resposta ao risco será adotada, conforme critérios estabelecidos nos procedimentos internos da empresa.

Na sequência deve ser abordado pela equipe de trabalho o Estado Melhorado, onde vai ser definido as Ações Recomendadas de Compensação e Reparos, o Responsável e o Prazo para evitar a ocorrência da falha antes da concepção da Atividade ou Etapa de Trabalho. Essa é uma das principais colunas do FMEA e deve ser preenchida para assegurar que serão tomadas ações para evitar a ocorrência da falha potencial. Aqui é indicado se houve realmente análise sobre os riscos identificados.

E nas últimas colunas apresentam os Resultados Pós-Ações aonde a equipe vai acompanhar as datas previstas para cada ação e a situação atual recalculando o RPN.

Necessário ressaltar que é preciso realizar várias simulações para a se obter o formulário adequado à empresa. Pois os riscos podem ser avaliados de diferentes formas, dependendo do contexto no qual o evento de risco está inserido.

O formulário do FMEA é um documento vivo, ou seja, uma vez realizada uma análise para uma atividade qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações nesta atividade específica.

Durante a adequação da metodologia, em estudo, observou-se que o método permite ao engenheiro de segurança avaliar a atividade da empresa e os riscos da qual os trabalhadores estão expostos, destacando principalmente as não conformidades existentes e, a partir do estudo realizado propõe-se a sugestão de controle a ser aplicada. Uma futura aplicação mostra-se rápida e simples, uma vez que não se observou complicações na sua adequação.

O gerenciamento de riscos tem como objetivo evitar os acidentes e envolve uma série de atitudes e atividades técnicas que vem sendo desenvolvidas ao longo dos anos, além de auxiliar os gestores e demais servidores a tomar as decisões, mas oportunas e adequadas que garantam o uso mais efetivo dos recursos internos em um nível de risco aceitável para a empresa.

Tabela 14 – Formulário FMEA adequada

Empresa:										Núm. FMEA:										
Sub-contratada:										Página: de										
Sistema Analisado:										Data:										
Equipe de Trabalho:										Revisão:										
Responsável:																				
Item: 01			Possíveis Efeitos da Falha								Estado Melhorado			Resultados pós-ações						
Setor/Atividade	Etapas de trabalho/ Atributos		Modo de Falha Potencial	Natureza	Efeito Potencial da Falha no Sistema	S E V	Causa	O C O	Controles Operacionais Existentes do Processo	D E T	R P N	Estratégia	Ações Recomendadas de Compensação e Reparos	Responsável	Prazo	Situação Atual	S E V	O C O	D E T	R P N
																				0
																				0
																				0
																				0
																				0
																				0
																				0

Fonte: O autor, 2013.

### 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prevenção dos acidentes do trabalho dever ser norteadada pelo atendimento à legislação; entretanto cabe as empresas garantir, através de procedimentos adequados, a proteção dos trabalhadores em relação às especificidades não tratadas na legislação.

A ferramenta de gerenciamento de risco Análise Preliminar de Risco deve ser realizada de modo efetivo em todos os setores da empresa. A sua implantação deve contar com a colaboração e participação de todos para que seu objetivo seja alcançado.

Com a utilização de uma ferramenta para identificar os perigos é possível se obter a redução do numero de ocorrências do setor, diminuir ao máximo as possíveis falhas e prevenir situações indesejadas. As ferramentas auxiliam os profissionais no controle, porem é muito mais difícil adequar o sistema sem fazer uso de alguma metodologia de trabalho.

Não existe um método excelente para se identificar os perigos e riscos, as empresas tem que procurar combinar as ferramentas existentes, obtendo o maior número possível de informações. Muitas vezes em função da falta de conhecimento aplicam-se varias ferramentas que não estão adequadas para a realidade da empresa, e precisam ser adequadas com base técnica para criar soluções ao setor e ao sistema de gestão.

O risco está associado às leis da probabilidade vezes a severidade, podendo ocorrer sempre fatos novos, inesperados. O ser humano interpreta o risco mais pelo seu lado negativo, porem se determiná-lo, avaliá-lo e administrá-lo devidamente, os profissionais da área de segurança podem tomar medidas preventivas e transformar efeitos positivos em prol do trabalhador.

Para aplicar o FMEA é importante ter um líder de equipe e, como justificado anteriormente, faz-se necessário preparar a equipe multidisciplinar, convocando profissionais de várias áreas da empresa.

A realização do FMEA ocorre através do preenchimento do formulário específico, o qual deve ser preenchido pela equipe, obedecendo aos critérios de clareza e objetividade. Neste formulário, as áreas envolvidas com o trabalho indicam seu posicionamento nos processos descritos.

A relevância deste trabalho se dá:

- Na prevenção de acidentes na execução de muro de gabião;
- Como diretriz para novos trabalhos e que outras empresas possam fazer adequações nas ferramentas de gerenciamento de risco para evitar acidentes de trabalho no setor civil.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos a partir do ambiente analisado, conclui-se a importância de uma metodologia adaptada e confiável que possibilite aos profissionais da área de segurança garantir que o ambiente trabalho está com os riscos identificados e devidamente controlados.

Concluiu-se que a aplicação da APR na execução de um muro de gabião é simples na identificação e prevenção de riscos de acidente, através da determinação das categorias de risco e das medidas preventivas antes da fase operacional, permitindo revisões no sentido de dar maior segurança ao trabalhador operacional.

Os principais fatores de risco para os trabalhadores são:

Radiações não ionizantes (radiação solar), Ruído contínuo ou intermitente, Desmoroamento e soterramento, Prensagem, Postura inadequada, Queda de funcionário, Projeção de partículas ou corpo estranho na vista.

Através das informações da APR, foram sugeridas algumas medidas preventivas como o uso correto de EPI e EPC, uso de uniforme de algodão com mangas compridas e protetor solar, supervisão e análise das atividades e conscientização dos trabalhadores quanto aos riscos de acidente do trabalho.

A metodologia FMEA foi esclarecida com base nas referências bibliográficas existentes na literatura. Para evitar causas básicas de um acidente, aquelas advindas da inexistência de um controle técnico-administrativo adequado e que se elaborou uma adaptação da ferramenta FMEA para identificar a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso ou exposição com a gravidade da lesão ou doença dos trabalhadores.

Observou-se através da tabela 10 que as atividades e os riscos dos trabalhadores envolvidos na execução do muro de gabião são em sua maioria riscos moderados e relevantes, sendo que não foi identificado nenhum risco intolerante.

Após a utilização da técnica de APR identificou-se que os riscos de maior incidência são: pancadas nas mãos, desmoroamento e soterramento e prensagem.

Após a adequação da metodologia FMEA para identificar, analisar, avaliar e controlar os riscos, pode-se concluir que a proposta vai auxiliar na identificação de riscos e vai permitir um diagnóstico geral e coerente com os riscos atual da empresa, porém para verificar a prevenção e redução de acidentes e os custos, precisa criar uma sistemática para aplicar e validar a ferramenta adaptada e ver o grau de segurança.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVARO, Zocchio. Política de segurança e saúde no trabalho: elaboração, implantação, administração. São Paulo: LTr, 2000.
- AYRES, Dennis de Oliveira; CORRÊA, José Aldo Peixoto. Manual de Prevenção de Acidentes do Trabalho. São Paulo, Editora ATLAS, 2001.
- BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental. São Paulo, Editora ATLAS, 2001.
- CARDELLA, Benedito. Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes. Uma Abordagem Holística. São Paulo: Atlas, 1999.
- CATAI, Rodrigo Eduardo. Ferramentas de Gerência de Riscos. Apostila elaborada para o curso de engenharia de segurança do trabalho. UTFPR, Curitiba, PR, 2012
- DE CICCIO, Francesco. e FANTAZINNI, Mário Luiz. Introdução à engenharia de segurança de sistemas. 2ª edição. São Paulo, FUNDACENTRO, 1982.
- DE CICCIO, Francesco. e FANTAZINNI, Mário Luiz. Gerencia de Riscos: A identificação e análise de riscos III. Revista Proteção. Caderno gerência de risco nº4, Novo Hamburgo, n.30,1994.
- FERRAZ F. T. e VECCHIONE D. A. Avaliação da Segurança do Trabalho para Canteiros de Obra. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO – Conhecimento para a Sustentabilidade, 5, 2009, Niterói.
- GIL, A.C. Projetos de pesquisa: como elaborar. São Paulo: Atlas, 1991.
- GONÇALVEZ, Edwar Abreu. Segurança e Medicina do Trabalho em 1.200 Perguntas e Respostas. 3ª Ed. São Paulo, Editora LTR, 2000.
- HELDMAN, Kim. Gerência de projetos: fundamentos: guia prático para quem quer certificação em gerencia de projetos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- HELMAN, Horácio e ANDERY, Paulo R.P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- IQA - Instituto da Qualidade Automotiva. FMEA, Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial: julho 2001. [São Paulo], 2001.
- LUCIANO, Fábila L. Metodologia científica e da pesquisa. Criciúma: Ed. do autor, 2001.
- PALADY, Paul. FMEA - análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAN, 1997
- PONZETTO, Gilberto. Mapa de Riscos Ambientais: Manual Prático. São Paulo: Editora LTR, 2002.
- RAMOS, Eliani F. A gestão de Riscos usando FMEA. Revista Mundo PM número 10, 2006.
- THOMAZ, E. Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção. São Paulo: PINI, 2001.
- VIEIRA, Sebastião Ivone. Manual de Saúde e Segurança do Trabalho. 2ª edição. São Paulo: LTR, 2008.