

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

VINÍCIUS MENDES MATOS FASSINA

**ANÁLISE DA GESTÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS
RODOVIÁRIAS COM BASE EM PROCEDIMENTOS NACIONAIS E
INTERNACIONAIS – ESTUDO DE CASO EM CANTEIRO COM TRÁFEGO
ININTERRUPTO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2018**

VINÍCIUS MENDES MATOS FASSINA

**ANÁLISE DA GESTÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO EM
OBRAS RODOVIÁRIAS COM BASE EM PROCEDIMENTOS NACIONAIS
E INTERNACIONAIS – ESTUDO DE CASO EM CANTEIRO COM
TRÁFEGO ININTERRUPTO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para a obtenção do título de “Bacharel em Engenharia Civil”.

Orientador Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

**PATO BRANCO
2018**



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA GESTÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS RODOVIÁRIAS COM BASE EM PROCEDIMENTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS – ESTUDO DE CASO EM CANTEIRO COM TRÁFEGO ININTERRUPTO.

VINICIUS MENDES MATOS FASSINA

No dia 28 de junho de 2018, às 15h30min, na sala J002 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº36-TCC/2018.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ MIGUEL ETCHALUS (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. LAUREN MORAES DA SILVA (IFFR- ALEGRETE -RS)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente tenho que agradecer aos meu Pais, Regina e Antônio, pelo apoio incondicional, que mesmo longe durante todos esses anos de graduação sempre acompanharam minha caminhada e com certeza foram o alicerce para que alcançasse esse momento.

Gostaria de agradecer também ao meu Irmão, Víctor por sempre me apoiar. Agradecer aos meus Avós maternos Heitor e Maria e meu Avós paternos Ermelindo e Alzira pelas palavras de carinho e apoio, em todos os momentos.

Gostaria de agradecer imensamente ao meu orientador Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho por todo conhecimento passado e pela parceria durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A necessidade de ampliação das rodovias existentes no território nacional desencadeia, no aumento da construção civil em relação as obras de infraestrutura rodoviária. Esse tipo de obra origina uma espécie de canteiro de obras adverso, que diferente dos demais coexiste junto com o fluxo de tráfego ininterrupto existente por parte dos usuários da rodovia, de modo a expor seus operários a condições de segurança incomum. O presente trabalho tem como objetivo sugerir medidas para um plano prevenção e segurança (PPS) para um canteiro de obras rodoviárias, a partir de análise dos riscos presentes nesse tipo de canteiro e pela adoção das medidas através da revisão literária de manuais nacionais e internacionais. Para analisar os riscos existentes foi realizado visita técnica a duas obras diferentes onde se observou as condições existentes de trabalho e os potenciais modos de falha de cada risco existe para cada obra. A validação das sugestões a serem tomadas aconteceu pela utilização da ferramenta FMEA (*“Failure Mode and Effect Analysis”*), cada risco foi analisado quanto sua severidade e probabilidade de ocorrência, e para cada requisito a ser atendido a fim de minimizar os riscos. Foi verificado que as obras não atendem todos os requisitos de segurança e que as medidas adotadas a fim de reduzir o risco podem compor um PPS.

Palavras-Chave: Canteiro de obras rodoviárias, tráfego ininterrupto, plano de prevenção e segurança, modos de falha, FMEA.

ABSTRACT

The need for expansion of existing highways in the national territory result in the increase of the civil construction of road infrastructure. This type of construction originates a kind of special construction site, which unlike the other regular construction sites coexists along with the uninterrupted traffic flow originated by the users of the highways, which can expose the workers to unusual security conditions. The present work intend to suggest measures for a prevention and safety plan (PSP) for a road construction site, based on the analysis of the risks present in this type of site and the adoption of measures by the literary revision of national and international manuals. To analyze the existing risks, a technical visit was made to two different road constructions where the existing working conditions were observed and the potential failure modes of each risk. The validation of the suggestions to be made was done by the use of the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) tool. Each risk was analyzed for its severity, probability of occurrence, and for each requirement to be met in order to minimize risks. It was verified that the constructions do not meet all safety requirements and that the measures adopted in order to reduce the risk, may form a PSP.

Keywords: Road construction site, uninterrupted traffic flow, prevention and safety plan, failure modes, FMEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil de uma zona de trabalho em vias	19
Figura 2 - Hexagono das causas da falha humana	20
Figura 3 - Sinalização de Advertência.....	23
Figura 4 - Sinalização de Regulamentação.....	24
Figura 5 - Sinalização de Indicação de Obras.....	24
Figura 6 - Exemplo de Dispositivo retro reflexivo	26
Figura 7 - a) Linhas de fluxo de tráfego oposto; b) Linhas de fluxo de tráfego de mesmo sentido;.....	27
Figura 8 - Linhas de Canalização de tráfego.....	28
Figura 9 - Dispositivos Canalizadores.....	30
Figura 10 - processo de gerenciamento de riscos de projeto	36
Figura 11 - Diagrama de desenvolvimento da pesquisa.....	42
Figura 12 - Condição da Rodovia fonte: Adaptado de https://goo.gl/p2eU7J	44
Figura 13 - Trecho da BR 158 que recebe intervenção entre Palmital (PR) e Laranjeiras do Sul (PR).....	45
Figura 14 - (1) Distância entre cones maior que 15m; (2) Cones indicadores de mudança de faixa.....	48
Figura 15 - Amostras de Cones danificados, sem parte reflexiva.....	48
Figura 16 - Canteiro de Obras sem marcas horizontais com a circulação de maquinário.....	49
Figura 17 - Sinalização vertical da Obra 1.	50
Figura 18 - Equipe responsável pela aplicação asfáltica.....	51
Figura 19 - Responsável pela imprimação asfáltica.	51
Figura 20 - a)Operador de rolo liso; b)Operador de pavimentadeira e ajudantes.....	52
Figura 21 - a)Operador de Motoniveladora; b)Operador de roo pé de carneiro.....	53
Figura 22 - Exposição dos operários ao sol	54
Figura 23 - Trecho da Rodovia dos Tamoios (SP-099)	55
Figura 24 - Trecho em que acontecem as obras.....	56
Figura 25 - Sinalização Vertical de Advertência	57
Figura 26 - Sinalização vertical de canalização de tráfego.....	57
Figura 27 - Seta luminosa e painel eletrônico.	58
Figura 28 - Fiscalização eletrônica móvel.	58
Figura 29 - Passarela provisória.	59
Figura 30 - Sistema Pare e Siga	59
Figura 31 - Dispositivos de canalização.....	60
Figura 32 - Neblina dentro da zonas de trabalho.	61
Figura 33 - Equipe de pavimentação.	62
Figura 34 - Operadores de rolo compactador.....	63
Figura 35 - Vestuário dos operários	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distancia Máxima entre dispositivos de canalização	29
Quadro 2 - Considerações e recomendações em função do nível de exposição e dose diária	34
Quadro 3 - Grau de Severidade	38
Quadro 4 -Classificação de Probabilidade de ocorrência do modo de falha.....	38
Quadro 5 - Hierarquia de Controle	39
Quadro 6 - Classificação quanto a Detecção	39
Quadro 7 - Primeira Etapa do FMEA	40
Quadro 8 - Segunda Etapa do FMEA	40
Quadro 9 - Classificação dos riscos da Obra 1	54
Quadro 10 - Classificação dos Riscos da Obra 2.....	64
Quadro 11 - FMEA.....	65

LISTA DE SIGLAS

CDC - *Center for disease control and prevention*

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNT - Confederação Nacional de Transporte

CTT – Controle de tráfego temporário

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EPI – Equipamento de proteção individual

FHA – *Federal Highway Administration*

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

INSS - Instituto Nacional de Seguridade Social

MUTCD - *Manual on Uniform Traffic control Devices for streets and Highways*

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

NPR - Número Prioritário de Risco

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration, United States Department of Labor.*

PPS – Plano de Prevenção e Segurança

TMM - *Traffic Management Manual for Work on Roadways*

TWTCM - *Temporary Workplace Traffic Control Manual*

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	ACIDENTE DO TRABALHO.....	16
2.2	NR 18	16
2.3	CANTEIRO DE OBRAS RODOVIARIO.....	18
2.4	RISCO	20
2.5	CONFIABILIDADE HUMANA	20
2.6	CONTROLE DE TRÁFEGO TEMPORÁRIO	21
2.7	SINALIZAÇÃO VERTICAL DE OBRAS	22
2.8	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE OBRAS	25
2.9	DISPOSITIVOS DE CANALIZAÇÃO	28
2.10	PROCEDIMENTOS E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	31
2.11	RISCOS A SAÚDE ORIGINADOS POR TRABALHOS COM PAVIMENTAÇÃO.....	32
2.12	PROBLEMAS DE SAÚDE DEVIDO A EXPOSIÇÃO SOLAR	32
2.13	RISCOS A SAÚDE DEVIDO A EXPOSIÇÃO À RUÍDOS	33
2.14	PROBLEMAS DE SAÚDE DEVIDOA VIBRAÇÃO	34
2.15	GERENCIAMENTO DE RISCOS	35
2.16	FERRAMENTA FMEA.....	37
3	METODOLOGIA	41
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	41
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	41
3.3	OBRAS EM ESTUDO.....	42
4	ESTUDO DE CASO	44
4.1	OBRA 1	44
4.1.1	Características da Obra 1	44
4.1.2	Análise ao Risco de atropelamento:.....	46

4.1.3	Análise ao Risco à Inalação de Vapores orgânicos:	50
4.1.4	Análise ao Risco à Exposição ao ruído e vibração das máquinas:	52
4.1.5	Análise ao Risco à Exposição ao Sol:	53
4.1.6	Classificação de Severidade e Probabilidade de Ocorrência dos riscos.....	54
4.2	OBRA 2	55
4.2.1	Características da Obra 2	55
4.2.2	Análise ao Risco de Atropelamento	56
4.2.3	Análise ao Risco à Inalação de Vapores Orgânicos.....	62
4.2.4	Análise ao Risco a Exposição ao Ruído e Vibração	63
4.2.5	Análise ao Risco à Exposição ao Sol	63
4.2.6	Classificação de Severidade e Probabilidade de Ocorrência dos riscos.....	64
4.3	Análise do modo de falha (FMEA) e PPS.....	65
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é diferente das demais por diversos aspectos, sendo um dos principais o fato de a construção propriamente dita ter um caráter nômade no qual o que se movimenta é a fábrica e não o produto, ao contrário do que acontece nas indústrias em geral (TORRES E PIERI, 2016). Normalmente o cliente contrata um o projetista e a construtora, que é responsabilizada pela execução total da obra e/ou por contratar empresas responsáveis por executar alguns serviços específicos. Na execução não há uma produção seriada, cada unidade fabril possui um produto único, devido a isso é necessário um planejamento prévio de todas as tarefas a serem realizadas como entrega de materiais e a definição de quem executará cada tarefa além da contratação de empresas para execução de serviços específicos.

O planejamento é essencial para o bom desenvolvimento da obra, e a elaboração de um canteiro de obras funcional e seguro para os operários é fundamental nessa fase. O canteiro de obras de uma rodovia é caracterizado por ser diferente dos canteiros de obras comuns justamente por estar suscetível ao um tráfego ininterrupto em sua zona de trabalho. Segundo Illingworth (1993) o canteiro de obras de uma rodovia possui uma largura restrita e um comprimento considerável em sua geometria e poucos acessos a zona de trabalho. A largura do local é normalmente determinada pelos topos das estacas, a base dos taludes e a largura mínima para acomodar a pista da rodovia.

Segundo “*Occupational Safety and Health Administration, United States Department of Labor*” (OSHA) os trabalhadores da infraestrutura rodoviária estão expostos a perigos de fora e dentro da zona de trabalho que podem levar a um acidente de trabalho. Dentre os perigos mais comuns estão: quedas, exposição à agentes da natureza como raios, atropelamento por veículos trafegando a rodovia ou maquinário que circula dentro do canteiro de obras. Devido a zona de trabalho ter uma baixa largura e um grande comprimento o operário fica muito próximo da circulação do maquinário e conseqüentemente trabalhando próximo a circulação dos veículos da rodovia.

De acordo com CDC (*Center for disease control and prevention*) através dos dados fornecidos pelo escritório de estatísticas do trabalho (do inglês, *The Bureau*

of Labor Statistics) cerca de 1.435 trabalhadores perderam a vida em obras de construção de estradas durante o período de 2003 a 2014, nos Estados Unidos da América. O número de ferimentos fatais relacionados com o trabalho em obras de construção de estradas foi em média de 115 por ano. CDC diz que as áreas de trabalho nas estradas são perigosas tanto para os trabalhadores quanto para motoristas que passam pela complexa variedade de sinais, barris e mudanças de faixa. *The Federal Highway Administration* (do inglês, Administração Federal das Rodovias) relata o número de mortes em acidentes ocorridos em zonas de construção e manutenção com veículos motorizados, de 1982 a 2014 foram 24,745 mortes por colisão de veículos motorizados, com uma média de 750 mortes por ano.

No Brasil, o instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) detem os registros dos dados referentes aos acidentes de trabalho

O Ministério da Previdência Social, através do seu Anuário Estatístico de Acidente de Trabalho, quantifica os acidentes de trabalho na construção civil de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Segundo Tabela Divulgada pelo CNAE do item 4211 que trata das atividades relacionadas a construção de rodovias, em 2013 foram registrados 5508 acidentes, já em 2015 o número diminuiu para 3487 acidentes.

Os dados apresentados evidenciam a importância da elaboração de um plano de segurança no planejamento do canteiro de obras. Toledo e Amaral (2006) diz que o FMEA Tem sido empregado em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança. O FMEA objetiva avaliar e minimizar os riscos por meio da análise do modo de falha.

Modos de falha significa as formas ou modos nos quais algo pode falhar. Falhas são quaisquer erros ou defeitos, especialmente aqueles que afetam o cliente, e pode ser potencial ou real. (TOLEDO E AMARAL, 2006).

Neste trabalho será analisado um canteiro de obras de uma rodovia com foco no trabalho próximo ao tráfego ininterrupto, a partir do qual será desenvolvida uma análise e classificação dos potenciais riscos à saúde do trabalhador através da utilização da ferramenta FMEA. Por fim deseja-se propor um plano de gestão para a eliminação ou diminuição dos riscos eminentes avaliados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o sistema de gestão da segurança do trabalho em obras rodoviárias com tráfego ininterrupto com base em procedimentos nacionais e internacionais.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicação da Ferramenta FMEA, a partir de visitas a canteiros de obras, para a identificação dos riscos e para a validação de um plano de gestão de segurança com base em recomendações da literatura: manuais nacionais e internacionais, artigos e trabalhos acadêmicos.
- Comparação quanto a gestão da segurança entre as obras visitadas.
- Analisar as necessidades de segurança de um canteiro de obras rodoviárias em comparação com as recomendações da NR-18 e as recomendações do manual do DNIT e dos manuais internacionais.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil é um dos países que mais tem extensão de rodovias construídas ao longo de seu território, segundo dados da CNT (Confederação Nacional de Transporte, 2016) o país ocupa a 4ª posição em extensão de rodovias incluindo as pavimentadas e as não pavimentadas.

Além de possuir um vasto território, essa posição ocupada pelo país se dá devido ao grande aumento na construção de rodovias no país, nos últimos 15 anos, a extensão de rodovias pavimentadas no Brasil aumentou 23,2% (Confederação Nacional de Transporte, 2015), em 2001 o país tinha 170,9 mil quilômetros de extensão em 2015 esse número chegou a 210,6 mil quilômetros. Junto ao aumento da extensão das rodovias conseqüentemente veio o aumento da necessidade de

obras rodoviárias.

A indústria da construção civil apresenta uma das piores condições de segurança no trabalho e um dos maiores índices de acidentes a nível mundial. O operário que trabalha em obras rodoviárias está exposto ao risco de lesão por circulação de máquinas e equipamentos no interior da zona de trabalho, como em qualquer outra a área da construção civil, além de também estarem expostos ao risco de lesão pela circulação de automóveis dentro do canteiro de obras. Os operários da construção civil estão sujeitos a condições de trabalho com pouca visibilidade, baixa luminosidade, expostos a diversas condições climáticas e muitas vezes podem trabalhar em zonas de tráfego intenso e com veículos viajando em alta velocidade.

Por ser um dos tipos de canteiros de obra com riscos à segurança adversos é necessário que haja uma gestão dos riscos com a intenção de pelo menos diminuí-los. Uma das metodologias mais usadas por empresas dos mais diversos tipos para evitar falhar no projeto do produto ou do processo, através de uma análise de falhas potenciais é a metodologia de análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*).

Apesar de ser uma ferramenta originalmente destinada ao controle de qualidade o FMEA possui ampla aplicação, o que possibilita seu uso para a gestão da segurança no trabalho. O FMEA permitirá a análise dos riscos de segurança no canteiro de obras e a elaboração da correção de erros no planejamento e no processo produtivo.

Existem vários autores e vários trabalhos que abordam o tema da segurança no trabalho na construção civil, porém é dado de uma maneira geral. Na Nr-18 todas as diretrizes são para um canteiro de obras normal, ou seja um canteiro que não coexiste com um fluxo de tráfego alheio à construção, então em muitos aspectos não é possível serem aplicados os conceitos para canteiros de obras de rodovias. Silveira (2010) faz um estudo sobre a segurança em obras rodoviárias com tráfego ininterrupto segundo as leis portuguesas, porém nenhum trabalho desse tipo foi apresentado segundo as leis brasileiras o que torna esse trabalho viável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ACIDENTE DO TRABALHO

A legislação brasileira fala que o acidente do trabalho pode ser considerado como a ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, de alguma lesão proveniente de algum exercício relacionado ao trabalho (BARBOSA, 2000).

No território Nacional o órgão responsável pelo registro dos dados referentes aos acidentes de trabalho é INSS.

Souto (2005) diz que para compreensão completa do acidente do trabalho com o trabalhador é preciso olhar para três elementos chave:

- a) Acidentes são inesperados: os acidentes podem ocorrer tanto com os trabalhadores mais experientes como também com aqueles que estão iniciando as atividades. Todos estão sujeitos ao acidente independente do motivo que o causou
- b) Acidentes são contatos: Todo acidente é ocasionado pelo contato do operário com algum elemento que compõem o ambiente de trabalho.
- c) Acidentes interrompem o trabalho: Não necessariamente em razão da saúde do trabalhador, mas o acidente sempre vai interromper o trabalho mesmo que seja apenas pelo fato de quebra de algum equipamento.

2.2 NR 18

A NR -18, norma aprovada pela portaria de nº 3124 de 8 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho e do Emprego – MTE e atualizada em 08 dezembro de 2015.

A NR – 18 é responsável pela revisão das Condições e Meio Ambiente de Trabalho dentro da Indústria da Construção e de tal modo determina medidas e ações a serem tomadas para que se garanta os quesitos mínimos de segurança necessários ao planejamento e execução de trabalhos de construção civil. (BRASIL,

2015c). Apesar de apresentar vários anexos em relação aos variados tipos de abordagem da construção civil a Norma NR-18 não disponibiliza um análise específica dos serviços em rodovias com tráfego ininterrupto. A baixo estão os anexos que são apresentados pela NR-18:

- 18.01 Objetivo e Campo de Aplicação
- 18.02 Comunicação Prévia
- 18.03 Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção PCMAT
- 18.04 Áreas de Vivência
- 18.05 Demolição
- 18.06 Escavações, Fundações e Desmonte de Rochas
- 18.07 Carpintaria
- 18.08 Armações de Aço
- 18.09 Estruturas de Concreto
- 18.10 Estruturas Metálicas
- 18.11 Operações de Soldagem e Corte a Quente
- 18.12 Escadas, Rampas e Passarelas
- 18.13 Medidas de Proteção contra Quedas de Altura
- 18.14 Gruas
- 18.15 Andaimos
- 18.16 Cabos de Aço e Cabos de Fibra Sintética
- 18.17 Alvenaria, Revestimentos e Acabamentos
- 18.18 Telhados e Coberturas
- 18.19 Serviços em Flutuantes
- 18.20 Locais Confinados
- 18.21 Instalações Elétricas
- 18.22 Máquinas, Equipamentos e Ferramentas Diversas
- 18.23 Equipamentos de Proteção Individual
- 18.24 Armazenagem e Estocagem de Materiais
- 18.25 Transporte de Trabalhadores em Veículos Automotores
- 18.26 Proteção Contra Incêndio
- 18.27 Sinalização de Segurança
- 18.28 Treinamento
- 18.29 Ordem e Limpeza

- 18.30 Tapumes e Galerias
- 18.31 Acidente Fatal
- 18.32 Dados Estatísticos
- 18.33 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes CIPA nas empresas da Indústria da Construção
- 18.34 Comitês Permanentes Sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção
- 18.35 Recomendações Técnicas de Procedimentos RTP
- 18.36 Disposições Gerais
- 18.37 Disposições Finais
- 18.38 Disposições Transitórias
- 18.39 Glossário

2.3 CANTEIRO DE OBRAS RODOVIARIO.

A zona de trabalho na estrada é considerada como uma via em que ocorra situação de construção, manutenção ou conservação. O local da zona de trabalho é facilmente identificado devido a geralmente possuir sinais, dispositivos de sinalização, barreiras, marcas de pavimento e / ou veículos de trabalho. Todo o seu comprimento é delimitado pelo sinal de pré-aviso ou de alta intensidade (giratório, intermitente ou luzes estroboscópicas num veículo) até ao sinal de fim de trabalhos”. Podemos ver um exemplo de formato de canteiro de obras rodoviários segundo a imagem a seguir (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION,2000).

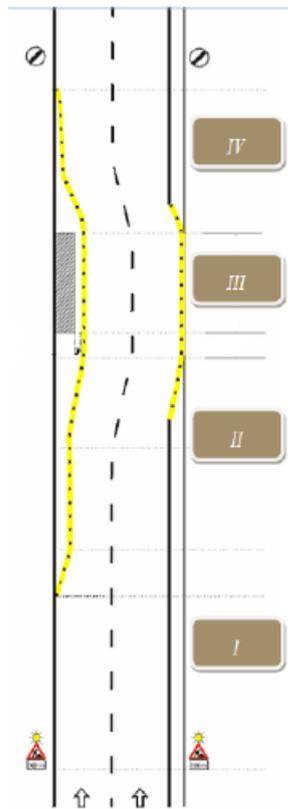


Figura 1 - Perfil de uma zona de trabalho em vias
Fonte: Silveira (2010 apud ARROWS - ADVANCED RESEARCH ON ROAD WORK ZONE SAFETY STANDARDS IN EUROPE, 1998).

De acordo com Silveira (2010) as áreas apresentadas pela figura 1 significam:

- I. Área em que o tráfego é alertado por meio de sinais ou mecanismos de sinalização.
- II. Área imediatamente anterior ao local de trabalho, onde poderá já ocorrer mudanças no formato da pista, por exemplo desviar parte do tráfego para um lado da pista caso haja trabalhos na outra parte
 - a. zona de estreitamento, onde a secção transversal é reduzida;
 - b. A área de estabilização, que tem a finalidade de estabilizar e fluir o tráfego após a redução.
- III. Área paralela aos trabalhos definida como área de trabalho.
- IV. Área final onde o tráfego é desviado de volta para o curso normal da pista.

2.4 RISCO

De acordo com Barbosa (2002), a palavra risco oriunda do inglês *risk* significa “a combinação da probabilidade e consequência da ocorrência de um evento perigoso e da severidade da lesão ou danos à saúde das pessoas causada por esse evento”.

2.5 CONFIABILIDADE HUMANA

Couto (1996) discorre que a confiabilidade humana é umas das áreas de avaliação ergonômicas mais difíceis de se avaliar devido a necessidade de se entender a falha humana de modo a sanar como e por que ela acontece, sendo que este tipo de falha é complexa pois pode ser multicausal e multideterminada. Afim de entender melhor este tipo de falha Barros (2006) adaptou o modelo do hexágono das causas da falha humana como apresenta a Figura 2 abaixo:

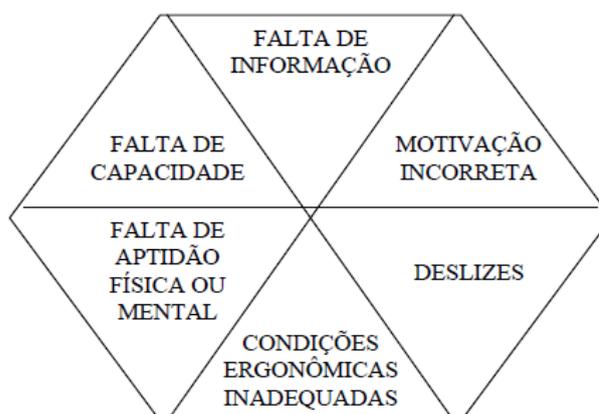


Figura 2 - Hexágono das causas da falha humana
Fonte: Barros (2006) apud Couto (1996).

Todas as 6 faces do Hexágono são fundamentais para o entendimento do ser humano para que então se possa fazer uma análise detalhada das causas da falha humana, assim se pode obter uma ideia do comportamento humano no seu ambiente de trabalho o que pode ajudar na adoção de medidas para a diminuição de acidentes de trabalho. Esta ferramenta é destinada a investigação do erro humano após o mesmo ter ocorrido (BARROS 2006).

Gambatese (2017) diz que dentro do canteiro de obras rodoviário para que

as medidas de prevenção de acidentes sejam efetivas é necessário levar em conta os fatores humanos que podem ser erros como falta de atenção, falta de cuidado/indiferença, ignorância, falta de gestão de risco e tolerância de alto risco. Esses fatores podem acontecer em qualquer lugar e é necessário um cuidado com o comportamento das equipes de trabalho. Outro fator abordado por Gambatese (2017) é de que os trabalhadores das construções rodoviárias estão sujeitos a riscos oriundos dos fatores humanos daqueles que trafegam pela pista mas são alheios a construção que são os usuários da pista.

2.6 CONTROLE DE TRÁFEGO TEMPORÁRIO

O controle de tráfego temporário (CTT) tem por si só ajustar o trânsito de uma via que por necessidade sofreu uma alteração temporária de seu design convencional, normalmente devido a sua manutenção ou presença de obras na pista. O CTT é uma parte essencial para o bom funcionamento de uma zona de trabalho ao longo de uma rodovia como destaca o *“Manual on Uniform Traffic Control Devices for streets and Highways”* (MUTCD, 2009).

Quando a construção ou manutenção interrompe as condições de operação normal de uma rodovia o CTT permite que veículos e pedestres possam transitar e acessar a via de forma segura e funcional.

De acordo com *“Temporary Workplace Traffic Control Manual”* (TWTCM, 2016) as funções principais de do CTT são:

Proteger os trabalhadores, dentro das áreas de trabalho temporária, dos veículos que transitam nessas zonas.

- Providenciar segurança e eficiência no deslocamento de veículos e pedestres dentro da zona de obras.

O manual também destaca que a segurança dos trabalhadores é tão importante quanto a segurança dos usuários da rodovia. Como o canteiro de obras de uma rodovia sofre diversas mudanças seja em sua posição ou design, ao longo da duração da obra, o CTT também vai ser alterado constantemente. Essa alteração pode não ser esperada pelos usuários da rodovia o que gera um alto risco a

segurança dos trabalhadores, por isso a importância de um bom plano de controle de tráfego. O manual também ressalta que se a segurança de ambos trabalhadores e usuários não for assegurada, as obras devem ser pausadas e não devem ser retomadas até que seja garantida a segurança para todos.

Toda Controle de tráfego temporário de uma zona de trabalhos deve considerar a segurança dos usuários da via, dos trabalhadores e garantir a eficiência do fluxo de tráfego. (TWTCM, 2016)

2.7 SINALIZAÇÃO VERTICAL DE OBRAS

Segundo “*Advanced Researche on road work zones*” (Arrows, 1998) a boa visibilidade da zona de trabalho pode ser considerada como um fator muito importante para a garantia da segurança. No que diz respeito a sinalização de tráfego deve ser usado material de boa qualidade além do que a sinalização deve indicar corretamente o que está acontecendo a frente e como a pista está se comportando para que os motoristas usuários da rodovia possam perceber com antecedência as alterações no percurso e se adaptar à nova configuração da pista.

De acordo com Twtcm (2016) para que seja bem assimilada pelo motorista a informação precisa ser sucinta e em um tempo suficiente, não pode ser fornecida muito antes da zona de trabalho para que não seja esquecida e não pode ser fornecida muito próxima para que possa ser assimilado o risco a tempo de se adaptar.

Os sinais de tráfego temporário tem o seguinte propósito:

- Advertir os motoristas e pedestres sobre as atividades que estão ocorrendo na zona de trabalhos da rodovia.
- Regular a passagem de veículos dentro do canteiro de obras.

O manual de sinalização de obras e emergências em rodovias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010) diz que quando a sinalização vertical temporária é utilizada devido a execução de obras, é composta basicamente por sinais de advertência e de regulamentação.

- **Sinalização vertical de Advertência:** apresentam forma quadrada com uma de suas diagonais na horizontal, são de cor laranja e orla, legendas e símbolos pretos. São referentes a: Parada obrigatória a frente; Pista irregular; Saliência ou lombada; Depressão; Estreitamento de pista; Obras; Mão dupla; Área com desmoronamento; Pista escorregadia; Altura e largura limitada; Início de pista dividida (DNIT 2010).

A figura 3 a seguir mostra alguns dos exemplos mais comuns de sinalização de advertência.



Figura 3 - Sinalização de Advertência
Fonte: Adaptado de DNIT (2010)

- **Sinalização Vertical de Regulamentação:** São placas que regulamentam como deve ser feita a circulação na via. São fabricados em fundo branco com orla e tarjas vermelhas símbolos pretos, com a exceção do sinal de parada obrigatória como pode ser visto na figura 4.



Figura 4 - Sinalização de Regulamentação
Fonte: Adaptado de DNIT (2010)

- **Sinalização Vertical de Indicação de Obras:** São Placas que tem por objetivo alertar o início e fim das obras bem como os desvios a serem feitos dentro do canteiro além de alertar as partes que podem estar fechadas das vias. São Placas confeccionas em fundo laranja e com tarjas e legendas pretas como demonstrado pela figura 5.



Figura 5 - Sinalização de Indicação de Obras
Fonte: Adaptado de DNIT (2010)

2.8 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE OBRAS

A sinalização horizontal tem por finalidade organizar o fluxo de veículos e pedestres dentro do canteiro de obras de forma a otimizar a segurança e o funcionamento da rodovia (DNIT 2010). É composta por sinalização através de marcas longitudinais, marcas transversais, marcas de canalização e inscrições no pavimento.

Para uma obra que exceda o período de duração de 30 dias é obrigatório a implementação de sinalização horizontal de obras. Se a sinalização horizontal temporária entrar em conflito com a sinalização existente uma delas deve ser removida, sendo no início da obra a remoção da sinalização existente e ao fim dos trabalhos a remoção da sinalização temporária (DNIT 2010). O MUTCD (2009) sugere que após realizada as obras e a colocação do novo pavimento, as marcações horizontais temporárias não devem permanecer por mais do que 14 dias no local.

De acordo com DNIT (2010) e MUTCD (2009) ao realizar a remoção da sinalização horizontal deve-se tomar todo cuidado possível para não danificar o pavimento e não deverá ser aceito a pintura das marcações com tinta preta. Segundo o manual da British Columbia, “*Traffic Management Manual for Work on Roadways*” (TMM, 2015) existem vários métodos que podem ser adotados para a remoção das marcações horizontais como: Remoção por utilização de jatos de água pressurizados; esmerilhamento das marcações; tratamentos químicos; Queima das marcações; Jatos de areia; pintura com material betuminoso (apenas para curta duração das obras).

As pinturas das marcações horizontais temporárias devem ser pintadas na mesma cor das já existentes, devem ser refletivas e proporcionar boa visão noturna das mesmas (TMM, 2015). A adoção de marcadores retro reflexivos (figura 6), popularmente conhecidos como olho de gato, deve ser utilizada mesmo para o período de obras. Os marcadores devem ser instalados respeitando uma distância entre si de no máximo 10m para a parte central da pista e de 20m para a lateral. Devem ser instalados de tal maneira que em situação de curva horizontal o motorista que estiver trafegando pelo canteiro de obras consiga visualizar no mínimo 4 marcadores, em razão de se ter uma boa noção do traçado a ser percorrido (TWTCM 2016, MUTCD 2009).



Figura 6 - Exemplo de Dispositivo retro reflexivo
Fonte: Google Images.

DNIT (2010) fala que as marcações temporárias devem ser pintadas nas cores a que correspondiam as marcações originais: branca ou amarela. Cor branca deve ser utilizada em: Símbolos, legendas e faixas transversais, linhas de borda e linhas de separação de fluxos de tráfego de mesmo sentido. A cor amarela será utilizada para áreas de restrição à veículos e para linhas de separação de fluxo de tráfego de sentidos opostos.

O manual DNIT (2010) divide a sinalização horizontal em 4 categorias: marcas viárias longitudinais; marcas viárias transversais; marcas de canalização; inscrições no pavimento.

As marcas viárias longitudinais se caracterizam por ser as marcas que dividem e organizam o fluxo de tráfego. Podem ser tanto linhas de fluxo de tráfego oposto como linhas de tráfego de mesmo sentido. A figura 7 exemplifica tipos de marcas viárias longitudinais.

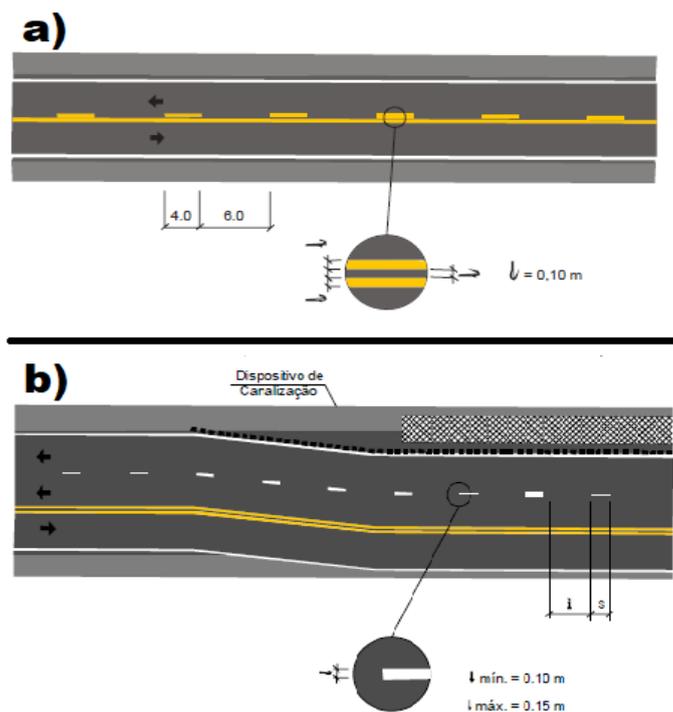


Figura 7 - a) Linhas de fluxo de tráfego oposto; b) Linhas de fluxo de tráfego de mesmo sentido;
Fonte: Adaptado de DNIT (2010)

São consideradas marcas viárias transversais as que ordenam o deslocamento dos veículos e as marcas de canalização são as que orientam o fluxo de tráfego quanto a presença de obstáculos na pista, como por exemplo um canteiro de obras. As marcas de canalização são compostas por duas linhas de fluxo de tráfego e um zebrado no meio como mostra a figura 8, em cor amarela se for em uma pista com fluxo de tráfego oposto ou branca com fluxo de tráfego de mesmo sentido.

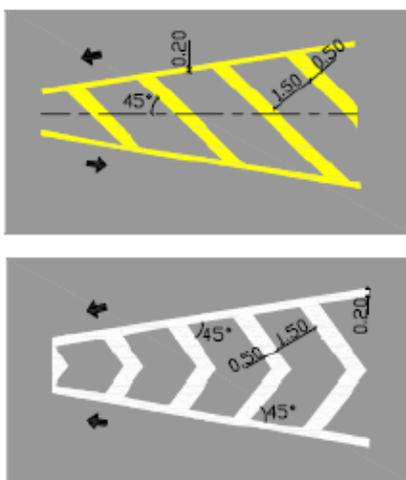


Figura 8 - Linhas de Canalização de tráfego.
Fonte: Adaptado de DNIT (2010).

As inscrições no pavimento são basicamente constituídas por setas e legendas, sempre na cor branca. As setas servem para a indicação de desvios e caminhos a serem tomados dentro do canteiro e as legendas são avisos e informações, ambos têm por objetivo complementar a sinalização vertical (DNIT 2010).

2.9 DISPOSITIVOS DE CANALIZAÇÃO

Os dispositivos de canalização e segurança tem 3 funções principais: Avisar os veículos que utilizam a via das operações que estão acontecendo; Orientar os veículos como proceder dentro da zona de trabalhos; Delimitar a pista que deve ser trafegada pelos veículos alheios a construção. (TWTTCM, 2015).

DNIT (2010) diz que os dispositivos de canalização são aqueles que são posicionados junto a pista em complemento a sinalização vertical. Usados em algumas situações especiais temporárias, como por exemplo canteiros de obras ou situações excepcionais de controle de tráfego, os dispositivos de canalização podem ser fixos ou moveis. O manual de sinalização do DNIT (2010) divide os dispositivos de canalização em duas classificações:

- Dispositivos de Direcionamento e Bloqueio: Barreiras tipo I,II,III; Cones; Cilindros canalizadores de tráfego; barreiras plásticas; tapumes; fitas de canalização.(figura 9)

- Dispositivos de Advertência: Marcadores de perigo; Marcadores de obstáculo; Marcadores de alinhamento.

Os espaçamentos mínimos para os dispositivos de direcionamento são descritos de acordo com a velocidade original da rodovia antes das instalações provisórias para o canteiro de obras. TMM (2016) dizem que para uma via com velocidade máxima igual a 80 km/h deve ser respeitado uma distância máxima entre os dispositivos de 15m, já o TWTCM (2015) determina que para mesma velocidade essa distância seja de no máximo 10 m. O MUTCD (2009) decreta que a distância máxima a ser atendida entre cada dispositivo seja o valor da velocidade da pista em milhas/hora vezes 1,0 pé, já que no país se utiliza o sistema imperial. O manual do DNIT (2010) determina que quando os dispositivos estiverem fazendo a condução do veículo dentro da pista ou em uma eventual mudança de faixa deve ser respeitado a distância máxima de 15m, e quando a canalização ocorrer em situação de tangente essa distância seja de 30m. A tabela 1 a seguir mostra valor da distância máxima, em metros, que cada manual adota para a distância entre dispositivos de canalização.

Fonte: Autoria própria.

Quadro 1 - Distancia Máxima entre dispositivos de canalização

Km/h	MUTCD (2009)	Prince Edward (2015)	British Columbia (2016)	DNIT (2010)
50	10m	2.5m	10m	15m
60	10m	5m	10m	15m
70	15m	5m	15m	15m
80	15m	10m	15m	15m
90	15m	15m	15m	15m
100	20m	15m	15m	15m
110	20m	15m	15m	15m
120	20m	15m	15m	15m

Fonte: Autoria própria

Dentre os dispositivos de canalização um dos mais utilizados são os cones, que devem ser predominantemente laranjas e possuir 2 faixas refletivas na cor branca. Para situações em que os cones devam permanecer durante a noite não deve-se utilizar de cones com altura menor do que 45 cm. Em caso de utilização de cones em grandes obras e obras de grande duração deve-se providenciar uma fiscalização para garantir a boa qualidade e funcionamento do dispositivo e que os mesmos atendam os requisitos impostos pela ABNT NBR 15.07(2004). (DNIT 2010;

TMM, 2015; MUTCD, 2009; TWTCM 2016).

Em áreas de grande fluxo de tráfego, o manual da TMM (2016) sugere o uso de delineadores altos (tubulares ou painéis verticais), juntamente com a utilização de cilindros. DNIT (2010) diz que por serem grandes os cilindros proporcionam grande visibilidade e podem ser utilizados em áreas que merecem maior atenção ou serem usados até mesmo para bloqueio total de uma via.

A utilização das barreiras deve ser de seguinte modo: As barreiras do tipo I devem ser utilizadas em áreas moveis e de curta duração das obras, apenas em pistas simples e com baixa velocidade. As barreiras do tipo II serão utilizadas para delimitar as áreas de serviço fixo e em rodovias de pista única ou dupla de alta velocidade. A barreira tipo III deve ser utilizada para obstrução total da via por tempo determinado.

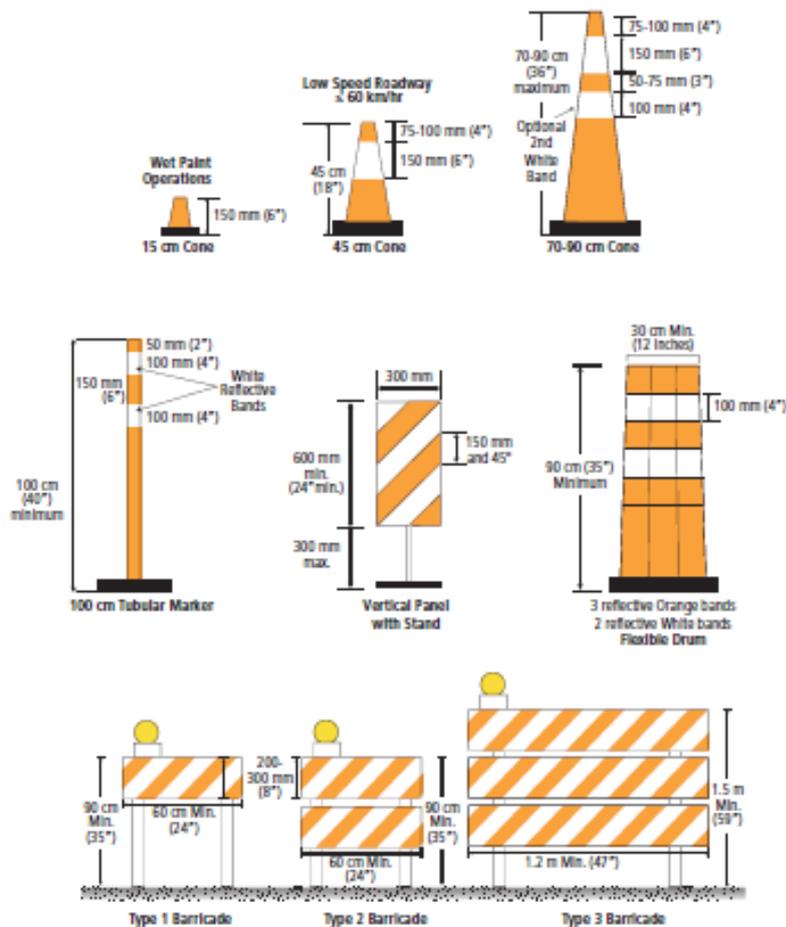


Figura 9 - Dispositivos Canalizadores
Fonte: Adaptado de TMM (2015)

2.10 PROCEDIMENTOS E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Para que se garanta a segurança dentro do canteiro de obras alguns procedimentos básicos devem ser adotados, e a utilização de dispositivos de segurança. Os dispositivos de segurança se constituem por EPIs (Equipamentos de proteção Individual), bandeiras, sinais de pare, sinais luminosos presentes nos dispositivos de canalização e em veículos que fazem parte da obra (DNIT 2010).

Pratt et al. (2001) articula que as vestimentas utilizadas pelos operários de obras rodoviárias devem proporcionar alta visibilidade. DNIT (2006) fala que as vestimentas utilizadas pelos operários (uniformes, coletes e capas de chuva) devem possuir faixas em cor viva e fabricados em material retrorrefletivos. A utilização de coletes é considerada obrigatória por parte dos operadores de bandeiras e sinais de pare, operários de serviços moveis e de emergência e por todos aqueles que trabalhem no período noturno, porém não é citado a obrigatoriedade de luvas e capacetes por parte do manual.

O TMM (2015) diz ser obrigatório a utilização de capacete por todos aqueles que compõem o corpo de operários do canteiro de obras rodoviárias. Suas vestimentas devem ser em cores fluorescentes, ou amarelo-verde ou laranja-vermelho e devem possuir faixas transversais em cores contrastantes.

O sistema pare-siga é muito empregado em rodovias que dividem o fluxo de tráfego de sentidos postos dentro de uma parte do canteiro de obras. É importante que o operário responsável por esse procedimento esteja usando todas as vestimentas necessárias e esteja posicionado de maneira correta: voltado para o fluxo de tráfego e na lateral da pista. Para parar os veículos, deve posicionar-se frente aos mesmos exibindo a placa de pare e permanecer com as mãos espalmadas para dar maior ênfase, e para liberar o fluxo de tráfego deve abaixar a placa, se posicionar paralelamente ao fluxo de tráfego e fazer sinal com as mãos para que os carros possam prosseguir (DNIT 2010).

O TWTCM (2016) diz que os sinais luminosos tem por objetivo melhorar a visualização dos dispositivos canalizadores durante o período noturno, e para indicar desvios dentro do canteiro ou controlar o fluxo de tráfego.

2.11 RISCOS A SAÚDE ORIGINADOS POR TRABALHOS COM PAVIMENTAÇÃO.

Derivado do refino de petróleo, o asfalto é formado por uma mistura de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, compostos contendo carbono, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), hidrocarbonetos alifáticos, parafínicos e aromáticos (GUIMARÃES, 2003).

Segundo NIOSH (2000) ao serem aquecidos os derivados de asfalto, produzem vapores tóxicos e após se esfriar condensação desses vapores acaba por produzir fumos de asfalto, logo todo o trabalhador que estiver em contato com o pavimento quente estará inalando esses fumos e vapores tóxicos.

Lopes (2008) fala que um dos principais HAP presentes no asfalto é o benzo(a)pireno, e que sua inserção no organismo humano acontece por inalação ou por absorção através da epiderme. Ao aplicar o pavimento os trabalhadores não só estão expostos a inalação dos vapores como pela absorção de partículas através de sua pele, o que pode se tornar um problema muito agravante já que o benzo(a)pireno é considerado um dos grandes causadores de câncer de pele.

Dentre os sintomas encontrados nos trabalhadores com ligação direta com o processo de pavimentação estão alguns mais leves como náuseas, dores de cabeça, enjoos e falta de apetite e dor de estomago, porem entre os sintomas mais fortes foi relatado: irritação ocular; asma química; ressecamento e queimaduras na pele; feridas; irritação nas mucosas dos órgãos respiratórios (LOPES, 2008).

Outros estudos realizados por NIOSH (2000) que indicam a chance de desenvolvimento de alguns tipos de câncer como leucemia e câncer de boca, pulmão e faringe. Lopes (2008) ainda discorre que para os trabalhadores ligados à pavimentação é aumentada a chance de desenvolver câncer de pele.

2.12 PROBLEMAS DE SAÚDE DEVIDO A EXPOSIÇÃO SOLAR

Um dos principais agentes nocivos à saúde que os trabalhadores da construção civil estão expostos são os raios ultravioleta (UV) provenientes da

exposição solar (POZZEBOM E RODRIGUES, 2009).

Pozzebom e Rodrigues (2009) falam que os raios Uv podem afetar a saúde do ser humano em diferentes vertentes. Em relação aos olhos a exposição prolongada aos raios UV podem gerar em idades mais avançadas problemas de catarata que se agravados podem levar a cegueira permanente. As pessoas que não protegem seus olhos a radiação UV tem 3 vezes mais chances de desenvolver catarata.

Em relação a pele os raios UV acabam por ser responsáveis pelo fotoenvelhecimento da pele, que é a alteração nas fibras elásticas da pele. Segundo Pozzebom e Rodrigues (2009), apesar de popularmente uma pele bronzeada ser considerada uma pele com boa saúde e aparência, o bronzeado na verdade é o sinal de uma pele danificada. A excessiva exposição da pele aos raios UV sem tomada nenhuma medida de prevenção aumenta muito a chance de desenvolvimento de um câncer de pele. Existem alguns tipos de câncer de pele porem o mais grave é o melanoma que é considerado um tumor maligno.

Devido a maioria dos trabalhos realizados pela construção civil ser a céu aberto, o trabalhador da construção civil está constantemente exposto à radiação solar, o que torna essa classe de trabalhadores a ter grande propensão de desenvolver câncer de pele (SIMOES et al, 2011).

2.13 RISCOS A SAÚDE DEVIDO A EXPOSIÇÃO À RUÍDOS

Sueter (2002) destaca que mais de meio milhão de trabalhadores da construção civil estão expostos a diferentes níveis ruído prejudiciais à saúde humana. Em estudo realizado entre 1991 e 1992 o autor coletou amostras de cerca de 27 obras diferentes. Foram coletadas 26 amostras para o ramo da construção de rodovias e depois das análises foi constatado que em um dia de trabalho, o operário está exposto a um ruído médio de 93dBA em um intervalo de 84dBA a 100dBA.

De acordo com a NR-15 (2001), é estabelecido como limite de tolerância, para a exposição ao ruído contínuo, que para uma exposição de 8 horas o nível de ruído máximo seja de 85dBA.

A NHO 01 (Norma de Higiene Ocupacional, 2001) diz que toda vez que a determinada dose diária de exposição ao ruído for maior que 100%, deverá ser

adotada algumas medidas de controle efetiva, se esta estiver entre 50% e 100% deverá ser adotada alguma medida de prevenção para a diminuição da exposição ao ruído e para prevenir algum tipo de doença ou lesão futura. A NHO 01 (2001) com base na Dose diária e Nível de exposição ao ruído, faz algumas considerações e recomendações conforme apresenta o quadro 2 a baixo.

Quadro 2 - Considerações e recomendações em função do nível de exposição e dose diária

Dose diária (%)	NEN dB(A)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 50	até 82	aceitável	no mínimo manutenção da condição existente
50 a 80	82 a 84	acima do nível de ação	adoção de medidas preventivas
80 a 100	84 a 85	região de incerteza	adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da dose diária
Acima de 100	> 85	acima do limite de exposição	adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: NHO 01 (2001)

Levy (2014) destaca entre os problemas causados pela exposição ao ruído por parte dos trabalhadores da construção está: irritação; cansaço; dores de cabeça; aumento na pressão arterial; problemas no aparelho digestivo; perda parcial da audição;

Em caso de irritação e aumento da pressão arterial, se agravado o problema pode desencadear em ataque cardíaco (LEVY 2014).

2.14 PROBLEMAS DE SAÚDE DEVIDOA VIBRAÇÃO

A vibração pode ser considerada qualquer movimentação involuntária que um corpo exerce em torno de um mesmo ponto. O trabalhador exposto a vibração diariamente pode acabar por desenvolver problemas graves de saúde. No caso de operadores de maquinas e veículos a exposição excessiva a vibração desenvolvera problemas na coluna vertebral, que por consequência podem desencadear o

aparecimento de hérnias e lombalgias. Para operadores de ferramentas mecanizadas a parte do corpo afetada devem ser os braços e as mãos. O trabalhador da construção civil está exposto às vibrações no corpo inteiro e nos braços e mãos (XIMENES 2006).

Levy (2014) destaca que a exposição excessiva a vibrações pode levar a aparição de problemas como: perturbações neurológicas; problemas no sistema circulatório; complicações nas articulações; problemas musculares.

2.15 GERENCIAMENTO DE RISCOS

Segundo Ruppenthal (2013) há alguns termos e definições que são necessários os conhecimentos prévios em função de ter um melhor entendimento do gerenciamento de riscos, são eles:

- Ato inseguro: É o ato realizado que pode resultar em algum dano, seja ele material prejudicando algum equipamento ou produto, ou de caráter físico, provocando algum dano a saúde do indivíduo.
- Condição insegura: É uma condição resultante da irregularidade em processos ou equipamentos que podem vir a causar algum acidente.
- Causa: É o elemento principal que venha ser a origem do acidente ou situação de risco.
- Dano: É a resultante do acidente acontecido, que pode ser material pela danificação de aparelhos e maquinas ou pode ser físico resultando em algum problema de saúde para o operário.

Segundo Torres e Pieri (2016) o gerenciamento de riscos tem como intuito minimizar os eventos negativos e potencializar os positivos, uma vez que utiliza de técnicas estruturadas de planejamento, identificação, análise e planejamento das respostas, além do controle dos riscos durante o desenvolvimento do projeto.

O gerenciamento de riscos tem como principais processos, idealmente, de acordo com o PMI (2013):

- a. Planejar o gerenciamento dos riscos: Consiste na análise do processo e tomada de medidas que possam ajudar a minimizar e controlar os riscos
- b. Identificar os riscos: Após revisão de tudo que compreende o processo a

análise dos potenciais modos de falha que venham a gerar risco.

c. Realizar a análise qualitativa e quantitativa dos riscos: Nesta etapa os riscos são analisados e classificados em escala quanto sua severidade e probabilidade de ocorrência um exemplo de processo de gerenciamento que utiliza esse parâmetro é o FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)

d. Planejar as respostas aos riscos: Desenvolvimento de soluções para minimizar ou eliminar os riscos

e. Controlar os riscos: Aplicação e acompanhamento das

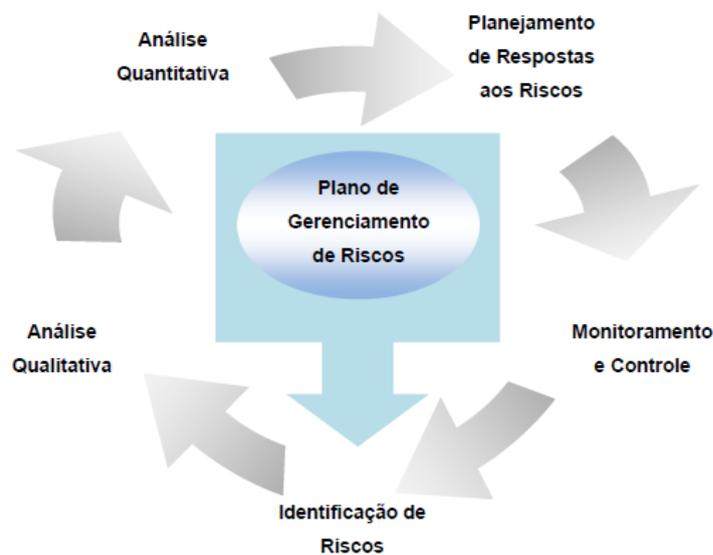


Figura 10 - processo de gerenciamento de riscos de projeto
Fonte: Coutinho (2010)

Segundo Torres e Pieri (2016) uma das ferramentas mais usadas para a solução de problemas no processo de gerenciamento de riscos é a hierarquia de controle, que deve seguir a sequência abaixo:

a) Eliminar: eliminar todos os riscos ligados ao perigo e consequentemente eliminar o mesmo;

b) Substituir: A fim de pelo menos minimizar substituir o processo ou equipamento que possa vir causar o dano em uma maior probabilidade;

c) Controles de engenharia: mudança no ambiente e processos do ponto de vista da engenharia a fim de minimizar os riscos.

d) Controles administrativos: Treinamentos e cursos de instrução em relação a segurança;

e) Equipamentos de Proteção Individual (EPI): De acordo com a NR 6

(BRASIL, 2015b), EPI é “todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a saúde e a segurança no trabalho” e devem ser utilizados em todas as situações. São EPIs: Capacetes, capuz, óculos, protetor facial, máscara de solda, protetor auditivo, vestimentas, luvas, creme protetor, calçado, cinturão de segurança com dispositivo trava-queda, cinturão de segurança com talabarte, entre outros.

2.16 FERRAMENTA FMEA

Originado do Inglês *Failure Mode and Effect Analysis* o FMEA é uma ferramenta utilizada para avaliar as causas de falha de um equipamento ou processo e direcionar a resposta do sistema para essas falhas. Essa ferramenta tem sido empregada por engenheiros projetistas como uma forma de identificar os riscos e propor melhoras dentro de um processo produtivo (MANUELE, 2007).

O FMEA segue uma sequência de passos para produzir uma lista qualitativa e sistemática que engloba os modos de falha e seus respectivos efeitos de falha. De acordo com Toledo e Amaral (2006) para a elaboração da Ferramenta FMEA devemos seguir a sequência a baixo:

- a) Identificação do processo ou produto a ser analisada;
- b) Definição dos modos de falha;
- c) Identificação das causas das falhas;
- d) Classificação da severidade, probabilidade e detecção para cada efeito;
- e) Determinação das ações necessárias para a redução ou eliminação dos riscos.

Pereira Filho (2011) diz que para ser feito o preenchimento da ferramenta FMEA devemos seguir as seguintes fases do processo:

Fase 1: Identificação do potencial modo de falha, neste caso fatores que podem provocar acidentes dentro do canteiro de obras rodoviário;

Fase 2: Elencar os riscos presentes durante o processo;

Fase 4: Classificação quanto à severidade do modo da falha, conforme mostra o Quadro 3;

Quadro 3 - Grau de Severidade

SEVERIDADE		
Classificação	Descrição	Definição
10	Extremamente Alta	Pode causar morte ou lesão grave
9	Muito Alta	Pode Causar incapacidade parcial ou permanente
8	Média Alta	Afastamento do trabalho por 30 dias ou mais
7	Alta	Afastamento do trabalho por até 15 dias
6	Moderada	Resultar em primeiros socorros
5	Média Baixa	Resulta apenas na paralisação do processo produtivo
4	Baixa	Resulta apenas na paralisação temporária do processo produtivo.
3	Menor	Falha é percebida pelo usuário, mas pode ser superada sem perda do processo produtivo.
2	Muito menor	Falha pode ser imperceptível ao usuário, mas traria pequenos efeitos ao processo produtivo.
1	inexistente	A falha pode ser imperceptível ao usuário e não afeta o processo do produto.

Fonte: Adaptado de Pereira Filho (2011).

Fase 5: Identificar as causas que geram o modo de falha;

Fase 6: Classificar segundo a probabilidade de ocorrência do modo de falha de acordo com Quadro 4;

Quadro 4 - Classificação de Probabilidade de ocorrência do modo de falha

PROBABILIDADE		
Classificação	Descrição	Definição
10	Inevitável	Falha ocorre com frequência
9	Muito Alta	Esperado que ocorra várias vezes durante o processo.
8	Alta	Quando o modo de falha é esperado que ocorra algumas vezes durante o processo.
7	Média Alta	É esperado que ocorra pelo menos duas vezes
6	Possível	Pode ocorrer alguma vez.
5	Moderada	Ocasionalmente.
4	Baixa	Poucas falhas.
3	Raro	Pouco esperado.
2	Remota	Não esperado.
1	Improvável	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável

Fonte: Adaptado de Pereira Filho (2011).

Fase 7: Determinação da hierarquia de controle, conforme Quadro 3;

Quadro 5 - Hierarquia de Controle

Classificação	Hierarquia de Controle
1	Eliminar o risco no projeto ou re-projeto.
2	Eliminar ou reduzir o risco pela substituição de materiais ou processos menos perigosos.
3	Incorporar dispositivos de segurança, tais como: dispositivos de segurança, sistemas de controle de tráfego, sinalização vertical e horizontal, barreiras entre outros;
4	Providenciar Sistema de Fiscalização
5	Aplicar controles administrativos (métodos de trabalho, treinamentos, cronograma, sinalização, etc.)
6	Adotar uso de EPI.

Fonte: Adaptado de Pereira Filho (2011).

Fase 8: Classificação da detecção, ou seja, o quanto as medidas de controle podem diminuir ou evitar os riscos, conforme Quadro 6;

Quadro 6 - Classificação quanto a Detecção

DETECÇÃO		
Classificação	Descrição	Definição
1	Extremamente Alta	É quase certo que o acidente será evitado.
2	Muito Alta	Probabilidade muito alta de evitar o acidente.
3	Alta	Alta probabilidade de detecção.
4	Média Alta	Chance média de detecção.
5	Moderada	Chance moderada de detecção.
6	Média Baixa	Alguma probabilidade de detecção
7	Baixa	Baixa probabilidade de detecção.
8	Menor	Probabilidade muito baixa de detecção
9	Muito menor	Probabilidade remota de detecção.
10	Nenhuma	Quase impossível de evitar o acidente.

Fonte: Adaptado de Pereira Filho (2011).

Fase 9: Obtenção do Número Prioritário de Risco (NPR) para cada risco, resultante da seguinte fórmula:

$$\text{NPR} = \text{Severidade} \times \text{probabilidade} \times \text{detecção}.$$

As primeiras 9 fases constituem a primeira parte da FMEA, que se refere a avaliação dos riscos e das medidas existentes antes da adoção dos novos dispositivos de controle, conforme mostra o Quadro 5:

Quadro 7 - Primeira Etapa do FMEA

FMEA - 1ª FASE - Avaliação de perigos e riscos								
Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Deteccção	RPN

Fonte: Adaptado de Pereira Filho (2011)

Fase 11: determinar um requisito a ser mudado/implantado para que seja aplicado o plano de prevenção e segurança (PPS) em função dele

Fase 12: Justificativa da adoção do requisito a ser mudado/implantado;

Fase 13: Identificação dos projetos relacionados aos riscos se existentes;

Fase 14: Classificação da hierarquia de controle dos controles adotados para a eliminação do risco;

Fase 15: Após a aplicação dos requisitos adotados para eliminação dos riscos classificar a nova severidade, conforme Quadro 1;

Fase 16: Após a aplicação dos requisitos adotados para eliminação dos riscos classificar a nova probabilidade de ocorrência, conforme Quadro 2;

Fase 17: Após a aplicação dos requisitos adotados para eliminação dos riscos classificar a nova deteccção dos riscos, conforme Quadro 4.

Fase 18: Calcular um novo (NPR) a partir da adoção das medidas de segurança para diminuição ou eliminação do risco.

As fases a cima correspondentes do número 10 ao número 17 compreendem a segunda etapa do FMEA, que corresponde a adoção de medidas de controle e seus potenciais efeitos sobre o risco existente conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 8 - Segunda Etapa do FMEA

FMEA - 2ª FASE - Avaliação de perigos e riscos										
Requisito	Justificativa	Princípio	Projeto relacionado	Responsável pela ação	Ação tomada	Hierarquia de controle	Severidade	Probabilidade	Deteccção	RPN

Fonte: Pereira Filho (2011)

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa pode ser classificada como exploratória devido a “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses” (GIL, 2002).

A partir da revisão bibliográfica dos manuais e normas internacionais em que se baseou a presente pesquisa é considerada pesquisa literário conforme o que diz Gil (2002): “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente por livros, manuais técnicos e artigos científicos”.

Conforme Gil (2002) podemos classificar esta pesquisa como estudo de caso, devido a elaboração de hipóteses e teorias a partir da investigação de duas obras do setor rodoviário.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A presente pesquisa seguiu as etapas a baixo:

- Revisão literária: a partir da análise de normas, legislações, manuais técnicos nacionais e internacionais existentes, foram levantadas sugestões e medidas a serem tomadas para garantir a segurança em um canteiro de obras rodoviárias.
- Levantamento dos riscos existentes nas obras visitadas e seus respectivos modos de falha;
- Análise dos riscos levantados quanto sua severidade, probabilidade de ocorrência e detecção.
- Elaboração de um PPS a partir da aplicação da ferramenta FMEA e adoção de medidas de controle para os riscos baseada em sugestões da revisão bibliográfica;
- Análise e discussão dos resultados após aplicação do FMEA
- Discussão sobre as diferenças encontradas em relação a segurança entre as

obras visitadas.

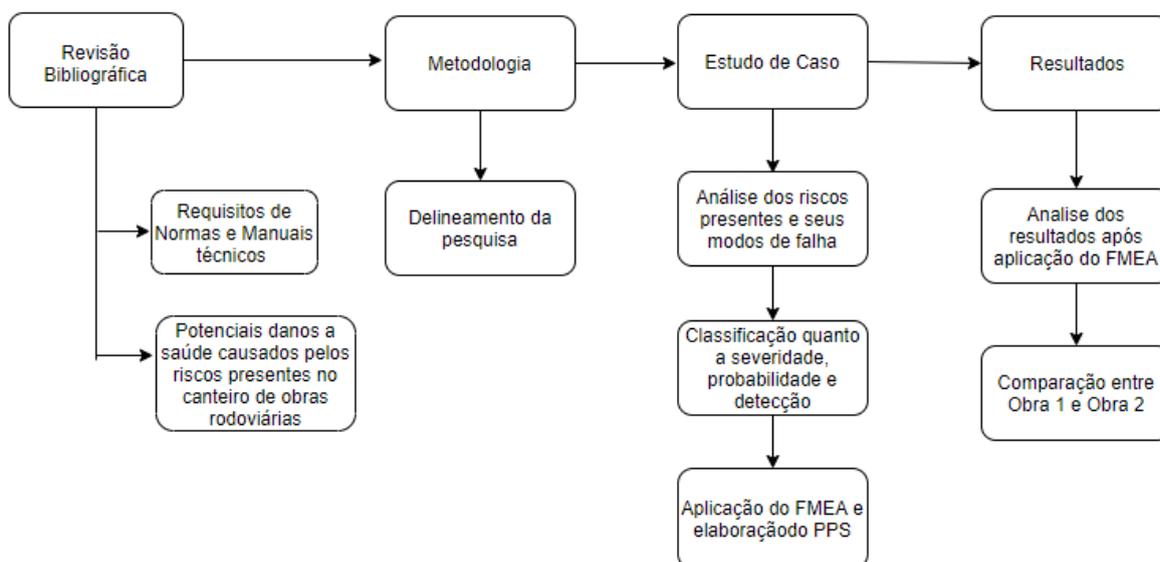


Figura 11 - Diagrama de desenvolvimento da pesquisa
Fonte: Autoria própria.

3.3 OBRAS EM ESTUDO

Para a realização deste trabalho foram analisadas duas obras rodoviárias em fase de execução, sendo uma localizada no estado do Paraná e a outra no estado de São Paulo. Os dados coletados das respectivas obras se deu por meio de visita ao canteiro de obras, sendo que na primeira obra foi possível parar e interagir com os funcionários da obra e na segunda, devido a grande extensão do canteiro de obras, foi apenas percorrido o canteiro coletando os dados. Estas Obras serão denominadas como Obra 1 e Obra 2 com o intuito de conservar a identidade das empresas realizadoras das obras visto que não é de intuito deste estudo avaliar a execução das obras, mas sim de verificar a disposição de seu canteiro de obras com o enfoque na segurança e aos riscos a que os operários estão expostos.

Com a intenção de comparação entre as obras 1 e 2 a análise dos riscos foi direcionada para 4 riscos principais que são: Risco ao atropelamento; Risco a inalação de vapores químicos; Risco a exposição a ruídos e vibrações; Risco a exposição solar.

Através dos parâmetros citados por Pereira Filho (2011), revisados no

referencial teórico, cada obra foi analisada de forma separada para os 4 riscos elencados, destacando seus respectivos potenciais de falha, graus de severidade e a probabilidades de ocorrência. Esses dados são utilizados na análise FMEA para a elaboração de um plano de prevenção e segurança que atenda ambas as obras estudadas.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 OBRA 1

Para a realização do estudo a Obra 1 foi escolhida por conta de ser próxima a cidade de Pato Branco – PR e pela disponibilidade de visitação ao seu canteiro de obras o que permitiu uma interação com seus operários.

4.1.1 Características da Obra 1

A Obra 1 realizada na BR 158 corresponde ao trecho entre as cidades de Laranjeiras do Sul e Palmital, ambas localizadas no interior do Paraná.   possível acessar algumas informa es sobre a obra através do site do Departamento Nacional de Transportes (DNIT) o que pode ser visto na figura 12.

Estado: Paraná / BR: 158

Alerta	Trecho	Km	Condi�o	Obs
	DIV SP/PR - AVENIDA COMENDADOR NORBERTO MARCONDES	0 ao 4.5	Trecho transferido ao DER PR, informa�es em: www.der.pr.gov.br	-Informa�es e emerg�ncias: U.L.Campo Mour�o -DNIT: (44) 3525-3718
	ENTR PR-317/465(B) - ENTR BR-272(A) (ANEL VI�RIO CAMPO MOUR�O)	196.2 ao 207.4	Trecho concedido ao DER/PR.	Informa�es DER/PR - (0xx) 41.3304.8000
	ENTR BR-272(B)/369(A) - ENTR BR-487	212.7 ao 222.4	Trecho concedido pelo DER/PR.	-
	ENTR BR-487 - ENTR BR-369 (B) (ACESSO SUDOESTE CAMPO MOUR�O)	222.4 ao 224.8	Trecho concedido ao DER/PR.	-
	ENTR BR-369(B) (ACESSO SUDOESTE CAMPO MOUR�O) - ENTR PR-239/482 (RONCADOR)	224.8 ao 290.8	Km 229,5 ao 294,4 - Normal - Rodovia n�o pavimentada, em leito natural. Condi�es: em revestimento prim�rio	-
	ENTR PR-364(A)/456 (PALMITAL) - ENTR BR-277 (LARANJEIRAS DO SUL)	323.8 ao 398.3	Segmento km 335,6 ao km 398,3:Em obras de restaura�o (CREMA II)	Informa�es: Unidade Local - Pato Branco/PR - TEL/FAX: 0 XX 48 3224-1181
	ENTR BR-277 (LARANJEIRAS DO SUL) - ENTR PR-281(A)	398.3 ao 464.8	Trecho transferido ao DER PR, informa�es com www.der.pr.gov.br	-
	ENTR BR-373 - ENTR BR-280 (A)	491.5 ao 528.5	KM 502,80 (Entr. BR-373 - Cel. Vivida) ao 531,40 (Entr. BR-480/PR-493 - Pato Branco) = situa�o: Regular; KM 531,40 - 539,80 = Situa�o: Normal. Trechos atendidos por contrato de manuten�o e problemas pontuais no pavimento.	Informa�es: Unidade Local - Pato Branco/PR - TEL/FAX: 0 XX 48 3224-1181

Figura 12 - Condi o da Rodovia
fonte: Adaptado de <https://goo.gl/p2eU7J>

Como evidenciado na figura 11 o trecho à receber as obras de restauração do pavimento compreende a 62,7 Km. É preciso ressaltar que o canteiro de obras rodoviário compreende ao trecho em que está sendo executada a atividade efetiva, tendo seu comprimento em cerca de 2 Km contidos dentro dos 62,7 Km a serem executados, e que ele avança e se movimenta dentro da área a ser restaurada conforme evolução e conclusão das atividades. A figura 13 corresponde ao trecho da BR 158 em que está sendo executada as obras.

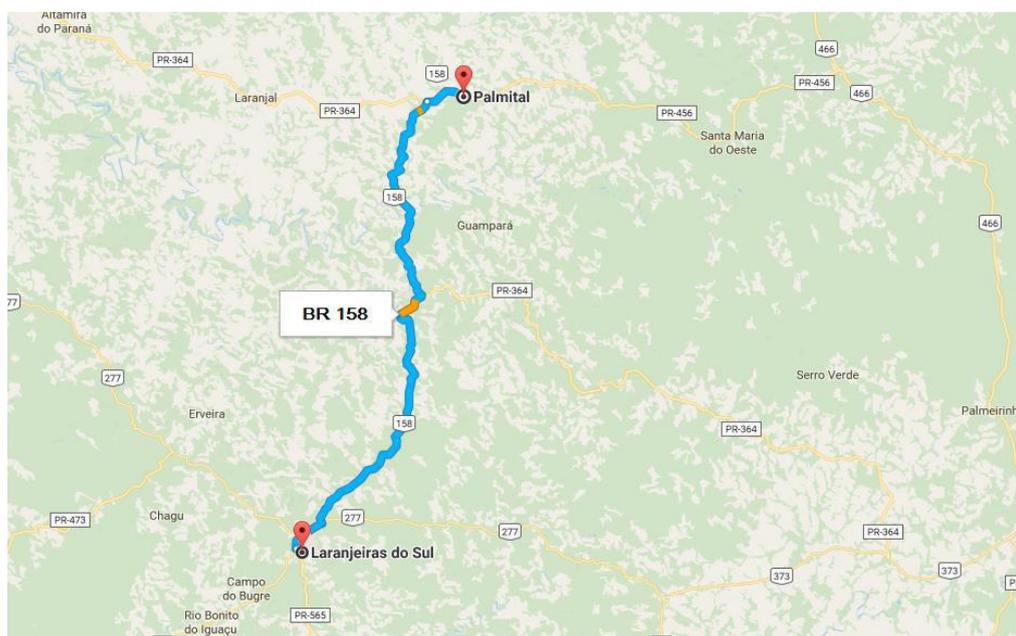


Figura 13 - Trecho da BR 158 que recebe intervenção entre Palmital (PR) e Laranjeiras do Sul (PR)
Fonte: Adaptado de Google Maps

A visita foi realizada no dia 19 de setembro de 2017, na época o canteiro de obras se encontrava a uma distância de mais ou menos 26 Km do ponto inicial da rodovia próximo da entrada do Município de Marquinho – PR como pode ser visualizado na figura 13.

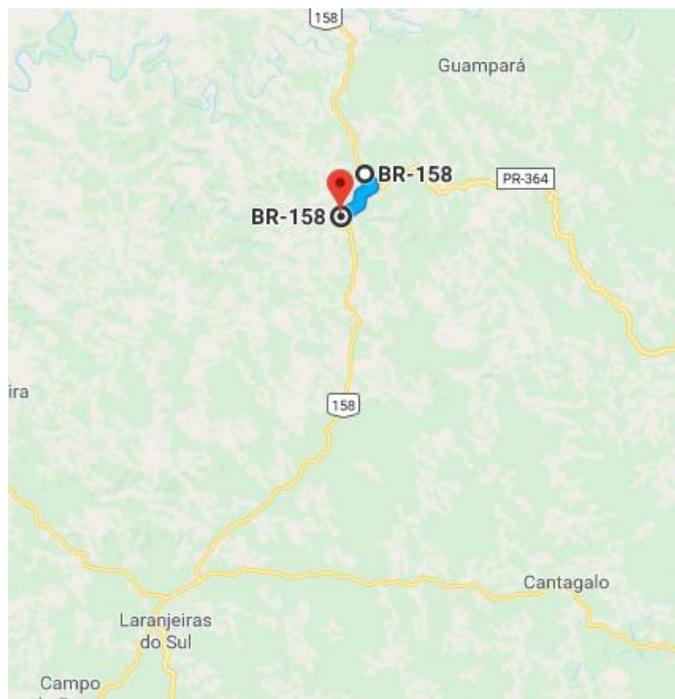


Figura 13 - Trecho da BR 158 que contempla o tamanho do Canteiro de obras
Fonte: Adaptado de Google Maps

As obras que estão sendo realizadas nesse trecho são de restauração do pavimento a partir da reciclagem da capa asfáltica deteriorada. A equipe trabalhando nesse canteiro de obra conta com cerca de 35 pessoas.

4.1.2 Análise ao Risco de atropelamento:

No Canteiro de Obras rodoviárias com tráfego ininterrupto como é o caso da Obra 1, expõem o operário constantemente ao tráfego de veículos e de máquinas, fatores que aumentam diretamente o risco de atropelamento.

No caso da obra 1 há a existência de dispositivos de barreiras para o controle do fluxo de tráfego dentro do canteiro, constituídos em sua maioria por barreiras do tipo II e por cones laranjas, além de fazer o controle de tráfego no sistema Pare e Siga. Apesar da existência dos cones a distância entre eles apresentada é muito grande, o manual do DNIT (2010) define uma distância máxima entre cada cone do mesmo modo que o manual Canadense da Ilha de TWTCM (2016), ambos dizem que para uma via com velocidade definida de 80km/h, como é o caso da BR 158 no trecho estudado, deve-se adotar como distância máxima 15m entre cada cone.

- . Quanto maior a distância entre as barreiras que delimitam aonde se possa

trafegar dentro do canteiro mais difícil se fica de restringir que o veículo de passeio invada a pista e atinja os trabalhadores na zona de trabalho. Apesar de na parte em que estão sendo operadas as máquinas os cones estarem dentro dos padrões de distância, fora da zona de operação, mas ainda dentro do canteiro os cones se encontram muito longes um dos outros, em uma distância estimada maior do que 50m, desse modo não delimitando em momento algum a pista que deve ser utilizada pelos usuários da rodovia. Por mais que em algumas partes do canteiro de obra os dispositivos de controle de tráfego utilizados estão nas distâncias corretas e são de material correto e de boa qualidade, isso de forma alguma elimina a possibilidade de invasão de algum usuário da via ao canteiro de obras. Outro fator notado durante a visita técnica foi que o delineamento da pista em questão da mudança de faixa dentro do canteiro não apresenta placas prévias de desvio na pista, o que poderia alertar os usuários, e também a presença de poucos cones na condução da mudança de faixa, embora o manual do DNIT não especifique uma quantidade exata de cones, o manual da TMM (2015) diz que para essa função é requerido um mínimo de 5 cones, número que não foi atendido pela obra em alguns pontos.

Durante o trajeto percorrido dentro do canteiro pode ser verificado que alguns cones precisam receber a devida manutenção por estarem danificados e não atenderem as conformidades da NBR 15071 (2004), como por exemplo alguns não apresentam as faixas reflexivas exigidas.

Os aspectos citados anteriormente podem ser vistos conforme apresentam as figuras 14 e 15 abaixo.



Figura 14 - (1) Distância entre cones maior que 15m; (2) Cones indicadores de mudança de faixa
Fonte: Autoria própria.



Figura 15 - Amostras de Cones danificados, sem parte reflexiva
Fonte: Autoria própria

Uma das principais referências, para um motorista seguir o percurso pelo trajeto adequado, são as faixas e desenhos na pista que demarcam e mostram o caminho. Como a obra em questão visa a remoção do asfalto antigo para a colocação de um novo, a pintura original foi removida junto com a capa asfáltica. Nesse caso o manual do DNIT (2010) diz que deve ser adotado pintura temporária no pavimento delineando todo trajeto que pode ser utilizado pelos usuários bem como indicar pontos de ultrapassagem e separar o canteiro de obras da via liberada para o tráfego. O MUTCD (2009) além de exigir a pintura temporária, reforça que a mesma deve ser em cor amarela reflexiva e deve possuir dispositivos reflexivos (popularmente conhecidos como “olho de gato”) ao longo de seu comprimento.

Ao longo de todo o canteiro de obras não foi constatado a existência de

pinturas no asfalto para delinear as pistas que devem ser utilizadas pelos transeuntes, desse modo em alguns pontos da zona de trabalho fica difícil a identificação da delimitação do canteiro deixando os operários expostos a uma invasão por parte de veículos alheios às atividades executadas. A rodovia BR-158 no trecho em questão, não possui acostamento em nenhum dos lados da pista de modo que o canteiro de obras fica mais restrito e o espaço delimitado para ele tem que ser dividido entre a circulação de máquinas e trabalhadores expondo os operários também ao risco de atropelamento pelo próprio maquinário da obra. A figura 16 mostra um trecho onde esses riscos são demonstrados.



Figura 16 - Canteiro de Obras sem marcas horizontais com a circulação de maquinário.
Fonte: Autoria Própria

Em questão da sinalização vertical, a Obra 1 apresentou controle de tráfego no sistema pare/siga, sinalização previa alertando sobre barreiras e indicadores de limite de velocidade a serem seguidos conforme indicativos do manual do DNIT (2010), porém dentro do canteiro de obras não foi constatado a presença de placas de advertência em relação a desvios a serem feitos nas zonas de trabalho, apenas uma placa de advertência em relação a presença de degrau na pista conforme pode

ser vista pela figura 17.



Figura 17 - Sinalização vertical da Obra 1.
Fonte: Autoria própria

Após visita técnica pode-se concluir que a obra 1 apesar de atender alguns requisitos mínimos dos manuais nacionais e internacionais, ficou evidente que apresenta algumas falhas quanto a sinalização vertical e horizontal além do fato da quantidade de barreiras não inibir a invasão do canteiro de obras por veículos alheios o que torna os operários mais vulneráveis ao atropelamento.

4.1.3 Análise ao Risco à Inalação de Vapores orgânicos:

A Obra 1 em questão tem como objetivo principal a restauração do pavimento, com a reciclagem da capa asfáltica para a pavimentação de uma nova pista. A pavimentação expõe o trabalhador a emissão de gases prejudiciais à saúde. Os trabalhadores que mantem contato com a pavimentação têm mais tendência a ter problemas respiratórios, e também um aumento na chance de desenvolver câncer de pele devido à combinação dos agentes químicos com a radiação solar. (LOPES 2008)

Durante a visita técnica foi analisado que os operários que mexem diretamente com a pavimentação (operadores de rolo compressor, operadores da máquina de aplicação da capa asfáltica, motorista do caminhão basculante e a equipe de aplicação) não utilizavam EPIS necessários para que prevenisse o

contato com os efluentes de asfalto. Apenas o responsável pela aplicação da imprimação asfáltica usava máscara, alguns operários usavam mangas curtas e nenhum utilizava de luvas o que aumenta chance de ter contato direto da pele com o material betuminoso, fator que aumenta a chance de contrair câncer de pele.

As figuras 18 e 19 demonstram as condições de trabalho dos operários da obra. 1 que atuam na pavimentação.



**Figura 18 - Equipe responsável pela aplicação asfáltica.
Fonte: Autoria Própria.**



**Figura 19 - Responsável pela imprimação asfáltica.
Fonte: Autoria própria.**

4.1.4 Análise ao Risco à Exposição ao ruído e vibração das máquinas:

O ruído considerado um agente físico prejudicial à saúde, pode ocasionar problemas auditivos e traumas fisiológicos aos operadores de máquinas e outros trabalhadores ao redor. (LEVY 2014).

Não só problemas por ruído emitido pelo barulho das máquinas, os operados também estão fadados a sofrer por problemas de vibração das mesmas. Levy (2014) destaca que os operadores de máquinas vem a sofrer de problemas devido a vibração transmitida no corpo inteiro, entre eles estão problemas de coluna com até a possibilidade de danos neurológicos.

Na visita a Obra 1, que tem como principal objetivo a pavimentação, foi possível observar ao longo do canteiro de obras operadores de máquinas como: pavimentadeiras, rolo compressores lisos, rolo compressor pé de carneiro e motoniveladoras. No dia da visita foi observado que os operadores de rolo liso e da pavimentadeira utilizavam de protetor auricular, porém nos operários ao redor não foi constatado nenhum EPI com o objetivo de abafar o som, e também nos operários do rolo pé de carneiro e da motoniveladora não foi possível identificar o uso de protetor auricular. As figuras 20 e 21 retratam as constatações feitas à cima.



Figura 20 - a)Operador de rolo liso; b)Operador de pavimentadeira e ajudantes
Fonte: Autoria própria



Figura 21 - a)Operador de Motoniveladora; b)Operador de roo pé de carneiro.

Fonte: Autoria própria.

4.1.5 Análise ao Risco à Exposição ao Sol:

A exposição aos raios ultravioleta (UV) podem desencadear problemas sérios de pele, em casos extremos com a incidência de câncer de pele. (HAKANSSON et. Al 2011).

A norma do DNIT (2006) exige que durante as obras seja usado os EPIs e vestimentas necessários, de cor fluorescente e com faixas reflexivas, os mesmos devem ser confeccionados em material leve e arejado, porém não é feita nenhuma menção que devem ser de mangas longas para a proteção em relação a exposição solar.

E possível perceber que os operários da obra 1 utilizavam de chapéu ou boné e que suas vestimentas atendiam as exigências requeridas pela NORMA DNIT 078/2006, porém pode ser notado que muitos utilizam de vestimentas com mangas curtas e nem todos utilizavam de protetores de pescoço como mostra a figura 22.



Figura 22 - Exposição dos operários ao sol
Fonte: Autoria própria

4.1.6 Classificação de Severidade e Probabilidade de Ocorrência dos riscos.

Após o levantamento dos riscos presentes na Obra 1 é necessário fazer a classificação de seu grau de severidade, probabilidade de ocorrência e detecção para que possamos aplicar a ferramenta FMEA a fim de elaborar um plano de segurança que venha a eliminar ou pelo menos minimizar os riscos.

De acordo com Pereira Filho (2011) podemos classificar os riscos levantados quanto sua severidade e probabilidade de ocorrência e detecção da seguinte maneira, como mostra o quadro 9 abaixo.

Quadro 9 - Classificação dos riscos da Obra 1

Riscos Abordados	Grau de Severidade	Probabilidade de Ocorrência	Deteção
Risco ao Atropelamento	10 - Extremamente Alta (Pode ocasionar lesão permanente ou morte)	6 - Possível (Existe a probabilidade de ocorrer pelo menos uma vez durante o processo)	5 - (Chance moderada de detecção)
Risco a Inalação de Vapores Orgânicos	9 - Muito Alta (Pode causar a incapacidade parcial permanente do usuário)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)
Risco a Exposição ao Sol	9 - Muito Alta (Pode causar a incapacidade parcial permanente do usuário)	10 - Inevitavel (Esperado que ocorra muitas vezes durante o processo, quase todos os dias)	2 - (Probabilidade muito alta de evitar o acidente)
Risco a Exposição ao Ruído	9 - Muito Alta (Pode causar a incapacidade parcial permanente do usuário)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)
Risco a Exposição a vibração	8 - Alta (Pode causar afastamento do trabalho)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)

Fonte: Autoria própria

4.2 OBRA 2

A Obra 2 foi escolhida para a realização do estudo devido a oportunidade de transitar dentro do canteiro de obras, pelo fato de se localizar nas proximidades da cidade natal do autor deste trabalho e por ser uma obra de porte maior que a obra 1, o que traz uma perspectiva diferente ao ponto de vista da segurança.

4.2.1 Características da Obra 2

Localizada no interior do estado de São Paulo, entre as cidades de São José dos Campos e Caraguatatuba, a rodovia SP-099 popularmente conhecida como Rodovia dos Tamoios, tem sua extensão em 84 Km e liga a região do Vale do Paraíba ao litoral norte do estado como demonstrado na figura 23.

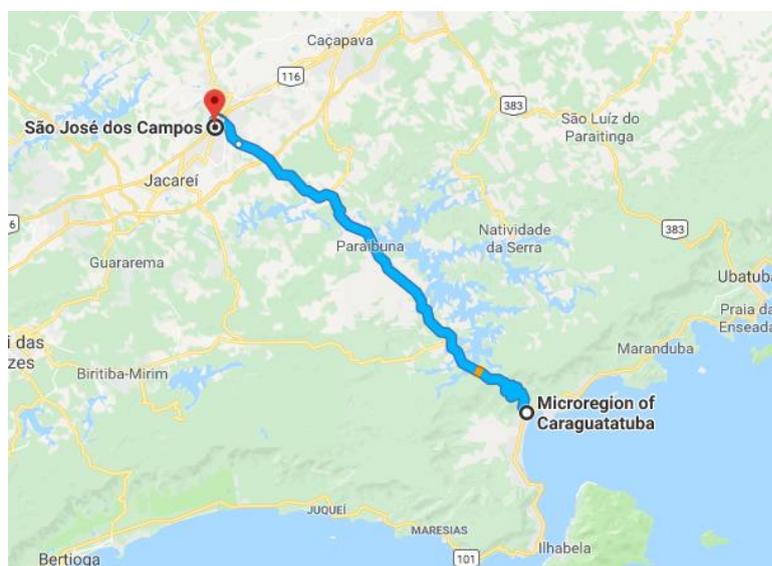


Figura 23 - Trecho da Rodovia dos Tamoios (SP-099)
fonte: Adaptado de Google Maps.

A Rodovia dos Tamoios está sob concessão da Concessionária Tamoios a qual é responsável pelas obras. De acordo com dados exibidos pelo site da concessionária, foi investido cerca de R\$ 4,5 bilhões nas obras que tiveram início em 2015 e tem previsão de término em 2020 que visam a duplicação do trecho da serra do mar além da manutenção dos trechos existentes (TAMOIOS 2018).

A figura 15 demonstra o trecho que será duplicado bem como os trechos em obra de manutenção.



Figura 24 - Trecho em que acontecem as obras
fonte: www.concessionariatamoios.com.br

4.2.2 Análise ao Risco de Atropelamento

A obra 2 se destaca por apresentar diferentes tipos de trabalho, pode ser considerado que são vários canteiros de obras ao longo de sua extensão. A exposição dos operários ao tráfego de veículos alheios a construção e aos veículos utilizados nas obras é diferente dependendo em qual trecho o operário esteja trabalhando.

Em relação a sinalização vertical, após visita ao canteiro de obras foi possível perceber a presença de placas de advertência e de canalização de tráfego ao longo de todos os trechos em obra. Nesse quesito a obra 2 se mostrou bastante satisfatória alertando sempre sobre o início e fim das obras, bem como as condições a frente, as mudanças no traçado da pista e os limites de velocidade a serem respeitados em cada trecho, como pode ser mostrado pelas figuras 25 e 26 a baixo.



Figura 25 - Sinalização Vertical de Advertência
Fonte: Autoria própria.



Figura 26 - Sinalização vertical de canalização de tráfego
Fonte: Autoria própria.

Apesar de bem-feita a sinalização vertical da Obra 2 a empresa responsável pela execução das obras e pela gestão da segurança adotou como medida a implementação de painéis eletrônicos e dispositivos luminosos como por exemplo o uso de setas, para que se reforçasse a ideia de manter atenção e conscientizar os usuários da rodovia das condições impostas a eles pelas obras e também é uma forma mais eficiente de fazer o motorista a assimilar as informações. O manual da British Columbia (2015) defende a utilização de setas luminosas devido a sua boa efetividade tanto durante o dia quanto a noite e reforça que devem ser utilizadas para o direcionamento do tráfego. DNIT (2010) destaca que os painéis de mensagens podem ser muito úteis devido a possibilidade da mudança das

mensagens passadas ao usuário da rodovia em tempo real, desse modo ao surgir alguma adversidade no canteiro como por exemplo um acidente, pode-se fazer a mudança da mensagem no painel. A figura 27 demonstra a utilização desses elementos na obra 2.



Figura 27 - Seta luminosa e painel eletrônico.
Fonte: Autoria própria.

Outro método adotado pela empresa em relação à segurança foi a adoção de fiscalização eletrônica móvel (figura 28) posicionada dentro do canteiro de obras, com o intuito de controlar a velocidade dos veículos alheios a construção nas aras de maior incidência de trabalhadores. O manual da British Columbia (2015) sugere como medida de controle de velocidade a adoção de radar móvel e determina que o mesmo deva possuir display digital que mostra a velocidade em que o veículo esteja trafegando e registre sua velocidade em um período de não mais que 10 segundos antes de sua passagem.



Figura 28 - Fiscalização eletrônica móvel.
Fonte: Autoria própria.

Pelo fato de a Obra 2 ser em rodovia com fluxo de tráfego nos dois sentidos em pista dupla e ao longo do canteiro estão sendo executadas obras de ambos os lados e até mesmo no centro entre as duas pistas é comum o tráfego de pedestres entre as vias por parte dos operários, o que os torna muito vulneráveis ao atropelamento. Uma solução encontrada pela gestão da segurança para tornar de forma mais segura esse trânsito entre os dois extremos da pista, em área que obras simultâneas estão ocorrendo dos dois lados foi instalada uma passarela provisória para o trânsito dos trabalhadores como pode ser mostrado pela figura 29.



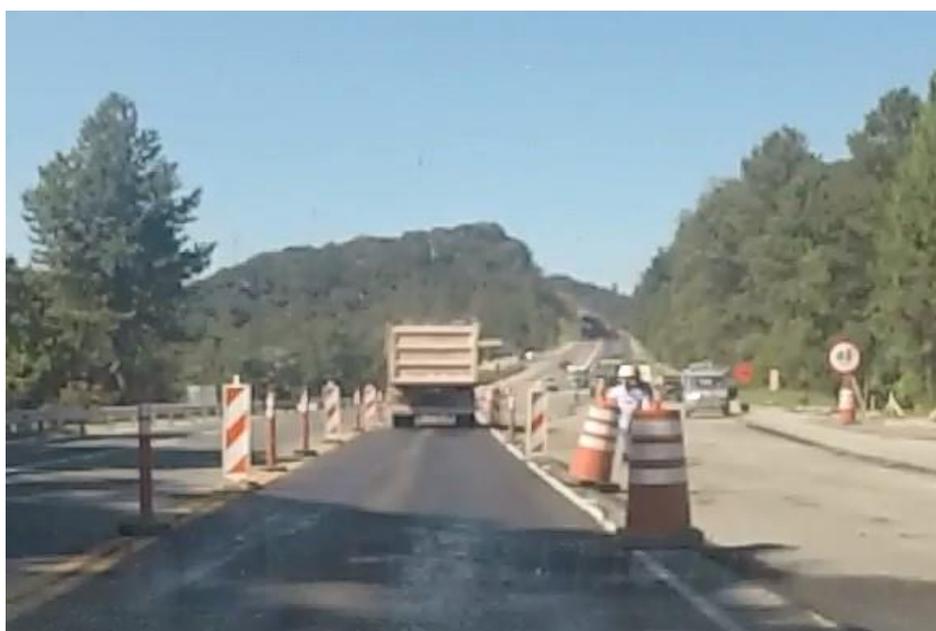
Figura 29 - Passarela provisória.
Fonte: Autoria própria.

Em alguns trechos mais carregados por obras, foi decidido a adoção de sistema de controle de tráfego pelo sistema pare-siga (figura 30) a fim de proteger os operários que por ventura podem ocupar algum espaço na via e delimitar o tamanho do fluxo de tráfego por esses trechos.



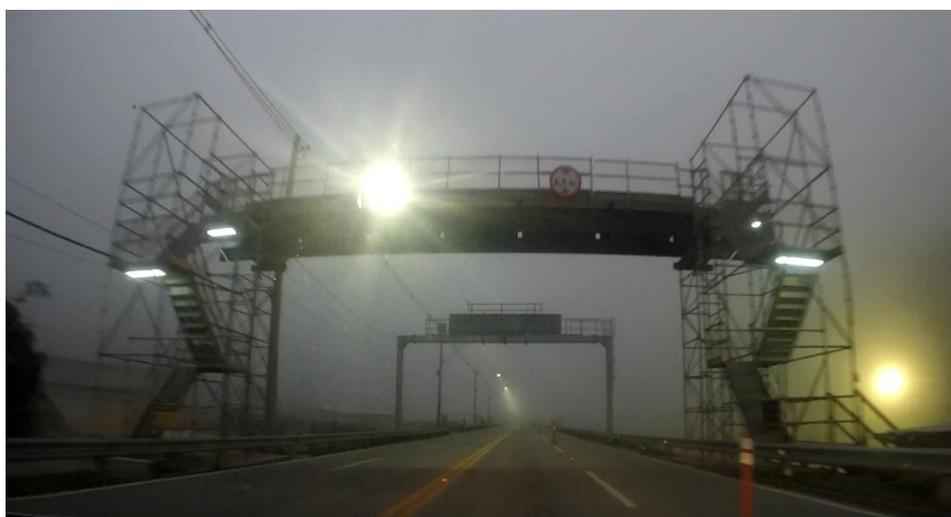
Figura 30 - Sistema Pare e Siga
Fonte: Autoria própria.

Ao percorrer o canteiro de obras pode-se notar ao longo de todo o percurso a presença das marcações no pavimento indicando a divisão das pistas. Nas partes em que o pavimento já estava pronto as faixas pintadas são as que devem permanecer mesmo ao final das obras, com as indicações permanentes da via. Para auxiliar na canalização do fluxo de tráfego foram adotados alguns dispositivos de canalização de tráfego, as setas luminosas e painéis já mencionados e para fazer o delineamento da pista foram utilizados cones, marcadores tubulares, painéis verticais e cilindros. Sendo que os marcadores tubulares, painéis verticais e cones utilizados para dividir as vias de fluxo de tráfego e indicar o trajeto a ser transitado e os cilindros utilizados para delimitar limites do canteiro de obras e condução dos veículos em mudanças de faixas e desvios. Apesar de a rodovia ter velocidade máxima de 100 km/h e de acordo com as determinações de DNIT (2010), MUTCD(2009), TMM (2015) e TWTCM (2016) a distância máxima entre os dispositivos de canalização deve ser de 15 m, porém o que pode ser constatado é que a distância utilizada para a obra 2 não excedeu essa marca e próxima as zonas de trabalho foi adotada uma distância muito menor com a finalidade de restringir o máximo possível o acesso às zonas de trabalho por veículos alheios a construção como demonstra a figura 31 a baixo.



**Figura 31 - Dispositivos de canalização.
Fonte: Autoria própria.**

Em função de parte das obras da construção 2 se encontrarem em área de serra do mar, um condicionante adverso pode ser notado durante a visita, a presença de neblina dentro das zonas de trabalho. Leonardo e Silva (2013) diz que devido a umidade a neblina é comum em áreas de serra, e que a mesma prejudica a visibilidade dos motoristas, que dependendo da severidade da nevoa podem perder visão do traçado da pista, isso é um condicionante para acidentes entre veículos ou colisões com obstáculos adversos como por exemplo o canteiro de obras. Em razão de mostrar a dificuldade de visão imposta pela neblina foi selecionada uma imagem (figura 32) do mesmo trecho em que foi feita a passarela temporária para pedestres já mostrada anteriormente.



**Figura 32 - Neblina dentro da zonas de trabalho.
Fonte: Aatoria própria.**

Em relação aos EPIs e vestimentas dos operários pode-se constatar que todos utilizavam de vestimentas em cores vivas e com faixas refletivas e utilizavam de capacete, embora o DNIT (2006) não exija a utilização de capacete o manual da TMM (2015) exige.

4.2.3 Análise ao Risco à Inalação de Vapores Orgânicos



**Figura 33 - Equipe de pavimentação.
Fonte: Autoria própria.**

A figura 33 mostra a equipe de pavimentação em ação na Obra 2. Pode ser visto que os operários que trabalhavam diretamente com a aplicação do pavimento faziam do uso de luvas e lenços no rosto. Embora o lenço tenha a intenção de proteger as vias respiratórias ele não garante que o ar respirado será filtrado. Apesar da tentativa de proteger as vias respiratórias pelo uso de lenços foi constatado que nem todos os operários, que estavam trabalhando próximos a aplicação do pavimento, usavam de lenços e luvas.

4.2.4 Análise ao Risco a Exposição ao Ruído e Vibração



**Figura 34 - Operadores de rolo compactador.
.Fonte: Autoria própria.**

A figura 34 demonstra que para uma mesma função, a de operar o rolo compactador, em uma foto o operário faz o uso de protetor auricular porem outro operário realizando a mesma função não utiliza do EPI. Durante visita ao canteiro foi visto operários utilizando de capacete que tem protetores auriculares agregados ao capacete.

4.2.5 Análise ao Risco à Exposição ao Sol



**Figura 35 - Vestuário dos operários
Fonte: Autoria própria.**

Durante visita ao canteiro de obras foi visto que os operários todos utilizavam de vestimentas compostas por calças compridas e camisas de manga longa, porem protetores de pescoço e óculos escuros não foram constatados em todos os trabalhadores, o que pode dar brecha para futuros problemas de pele oriundos da exposição solar.

4.2.6 Classificação de Severidade e Probabilidade de Ocorrência dos riscos

Após levantamento dos modos de falha presentes na obra 2 é possível classificar os riscos quanto severidade, probabilidade e detecção conforme descrito pela revisão bibliográfica e o que diz Pereira filho (2011). A classificação é apresentada pelo quadro 10 abaixo:

Quadro 10 - Classificação dos Riscos da Obra 2

Riscos Abordados	Grau de Severidade	Probabilidade de Ocorrência	Detecção
Risco ao Atropelamento	10 - Extremamente Alta (Pode ocasionar lesão permanente ou morte)	5 - Moderada (Ocasionalmente.)	5 - (Chance moderada de detecção)
Risco a Inalação de Vapores Orgânicos	8 - Alta (Pode causar afastamento do trabalho)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)
Risco a Exposição ao Sol	9 - Muito Alta (Pode causar a incapacidade parcial permanente do usuário)	10 - Inevitavel (Esperado que ocorra muitas vezes durante o processo, quase todos os dias)	2 - (Probabilidade muito alta de evitar o acidente)
Risco a Exposição ao Ruído	9 - Muito Alta (Pode causar a incapacidade parcial permanente do usuário)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)
Risco a Exposição a vibração	8 - Alta (Pode causar afastamento do trabalho)	9 - Muito Alta (É esperado que ocorra varias vezes durante o processo)	3 - (Alta probabilidade de detecção)

Fonte: Autoria própria

4.3 ANÁLISE DO MODO DE FALHA (FMEA) E PPS

Quadro 11 - FMEA

Operação	Potencial modo de falha	Potencial efeito da falha	Severidade	Causas potenciais	Probabilidade	Controle existente	Deteção	RPN	Requisito	Justificativa	Princípio	Projeto relacionado	Responsável pela ação	Ação tomada	Hierarquia de controle	Severidade	Probabilidade	Deteção	RPN
Restauração e construção de novo pavimento	Atropelamento	Morte ou Lesão Grave	10	Problemas de Sinalização e Design do Canteiro de obras e Desatenção de Motoristas	6	Sinalização Vertical e dispositivos de controle de tráfego	5	300	Controle do fluxo de tráfego	Conduzir veículos alheios dentro do canteiro e delimitar sua velocidade	Detectar se o controle do fluxo de tráfego proporciona mais segurança aos trabalhadores	Projeto de Layout do Canteiro de obras	Engenheiros e técnicos de segurança	Implementação de batedores	3	10	4	3	120
	Inalação de vapores químicos	Problemas Respiratórios	9	Exposição aos fumos e vapores provenientes do asfalto	9	Uso de EPIs	3	243	Garantir o Uso de EPIs por todos funcionarios envolvidos com pavimentação	Minimizar a inalação de fumos e vapores	Fiscalizar e Detectar se todos os funcionarios estão usando os EPIs fornecidos	não	Engenheiros e técnicos de segurança	Distribuição de mascaras para todos funcionarios envolvidos com pavimentação	6	8	8	2	128
	Exposição Solar	Cancer de Pele e Catarata	9	Alta exposição aos raios solares	10	Uso de Vestimentas adequadas e protetor solar	2	180	Uso efetivo das vestimentas corretas e de protetor solar	Reduzir problemas de pele futuros	Fiscalizar o uso das vestimentas corretas e EPIs	não	Engenheiros e técnicos de segurança	Fornecer protetor de pescoço e óculos e garantir o uso das vestimentas	6	9	3	2	54
	Exposição ao ruído	Problemas de audição e Cardiovascular	9	Exposição excessiva ao ruído sem o uso EPIs	9	Uso de EPIs	3	243	Garantir o uso de EPIs	Reduzir a possibilidade de problemas de audição	Fiscalizar o uso de EPIs	não	Engenheiros e técnicos de segurança	Distribuição de protetores auriculares e garantir seu uso	6	9	3	2	54
	Exposição a Vibração	Lesão na coluna vertebral	9	Exposição a vibração de veículos	9	Turnos de trabalho	3	243	Diminuir a jornada de trabalho dos operadores de máquinas	Reduzir a possibilidade de problemas de coluna	Organizar escalas de trabalho	não	Engenheiros e técnicos de segurança	Organizar turnos e revezamento dos operarios das maquinas	5	9	3	2	54

Fonte: Autoria própria

A partir da classificação dos riscos levantados quanto a seu grau de severidade, probabilidade e detecção, por meio de aplicação da ferramenta FMEA foi possível propor de um plano de prevenção e segurança com o intuito de minimizar ou tentar eliminar os riscos analisados a partir das visitas técnicas feitas a obra 1 e obra 2. Para utilização da ferramenta foi adotado o caso mais desfavorável de cada risco entre as duas obras.

Em relação ao risco de atropelamento, através de análise feita para os controles existentes classificou-se a falha com número prioritário de risco (NPR) de 300, o que pode ser avaliado como risco de prioridade considerável. A medida adotada para minimizar o risco é sugerida pelo TMM (2015) que defende a utilização de veículos batedores para o controle do fluxo de tráfego que transita dentro das zonas de trabalho. A partir da aplicação efetiva do uso de batedores o número prioritário de risco caiu para 120, minimizando a possibilidade de ocorrência de atropelamento.

O risco de inalação a vapores orgânicos para os controles existentes apresentou NPR de 243. Como medida de correção foi adotado a distribuição de EPIs e a fiscalização do uso, para todos os funcionários ligados diretamente ao processo de pavimentação, mesmo os que não tem contato direto com o asfalto, como é o caso do motorista do caminhão. Guimarães (2010) diz que todos os trabalhadores que compõem a equipe de pavimentação estão passivos a sofrer dos riscos provenientes dos fumos e vapores tóxicos oriundos da pavimentação e que a equipe é básica composta por: motoristas de rolo compressor, motoristas da máquina de aplicar a camada asfáltica, motoristas de caminhão basculante e equipe de aplicação propriamente dita. O NPR a partir da adoção das medidas ficou em 128 de forma a minimizar a ocorrência de problemas respiratórios.

O risco a exposição solar apresentou NPR de 180 para os controles existentes. A medida sugerida foi de distribuição de protetores de pescoço e óculos escuros, além da fiscalização do uso das vestimentas corretas e de protetor solar já que Pozzebom e Rodrigues (2009) defendem que o modo mais eficaz de se proteger contra o sol é a utilização de roupas de mangas longas e calças compridas. A partir das medidas de controle se chegou a um novo NPR de 54 minimizando bastante a probabilidade de se desenvolver problemas de pele.

Para o risco de desenvolver problemas pela exposição ao ruído foi detectado

um NPR de 243 para os controles existentes. Como medida de controle foi adotado a distribuição de protetores auriculares para todos os operadores de máquinas, e a fiscalização do uso correto do EPI conforme recomendação de Levy (2014). O NPR diminuiu para 54 diminuindo bastante a probabilidade de ocorrência do risco.

Em relação ao risco de desenvolver problemas de coluna devido a vibração dos veículos, para os controles existentes obteve-se NPR de 243. Levy (2014) defende a manutenção do tempo da jornada de trabalho dos operadores de máquinas, para isso a medida adotada foi de organizar turnos e proporcionar revezamento entre os operadores de máquinas. A partir da medida adotada pode-se diminuir o NPR para 54.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a análise dos riscos presentes em cada canteiro de obras pode-se verificar as diferenças apresentadas entre a Obra 1 e a Obra 2. A maior diferença entre as duas obras analisadas se deu em função do design do canteiro de obras e dos sistemas adotados para a realização do controle de tráfego temporário.

A sinalização vertical apresentada pela Obra 1 é muito pobre se comparada a Obra 2, não foram utilizadas placas para indicar as mudanças dentro do canteiro de obras, como por exemplo placas de desvio ou estreitamento de pista. Nesse quesito a Obra 2 se mostrou satisfatória, além de inserir placas de advertência e de mudanças no traçado da pista, também reforçou as mensagens transmitidas aos usuários da rodovia pela utilização de painéis eletrônicos e setas luminosas.

No quesito sinalização horizontal a Obra 1 não apresentou nenhuma demarcação ao longo de seu canteiro, deixando a delimitação das pistas e dos limites do canteiro de obras apenas por parte dos dispositivos de canalização, que no caso foram usados somente cones. Dentre os cones utilizados pela Obra 1 alguns apresentaram estar danificados, não atendendo requisitos da NBR 15071. Outro fator foi a utilização de espaçamento muito grande entre os dispositivos de canalização utilizados.

A Obra 2 por sua vez apresentou demarcação horizontal ao longo de todo seu percurso e fez da utilização de marcadores tubulares, painéis verticais e cilindros como dispositivos canalizadores de tráfego. É importante ressaltar que nas zonas de trabalho mais carregadas a distância adotada entre os dispositivos de canalização foi menor do que o recomendado pelos manuais, a fim de restringir o acesso do canteiro de obras por veículos alheios a construção. Ambas as obras fazem do uso de sistema pare-siga de controle de tráfego porém a Obra 2 também adota o uso de radar móvel a fim de auxiliar no controle de fluxo de tráfego dentro do canteiro.

Deve-se destacar que a Obra 2 possui vantagem na organização do canteiro de obras devido a possuir mais espaço para fazer o planejamento do mesmo. Enquanto a Obra 2 é de pista dupla nos dois sentidos de fluxo de tráfego com a presença de acostamento a Obra 1 é realizada em pista simples sem a presença de acostamento o que limita o espaço para alocação dos trabalhadores e das

maquinas.

Ambas as Obras corresponderam a utilização de vestimentas de cores vivas e com faixas refletivas. Ambas disponibilizaram EPIs apropriados para as situações exigidas porem nos dois casos nem todos os funcionários fizeram do uso desses EPIs. A única coisa que se diferencia no quesito EPI, é que a Obra 2 adota do uso de capacete para todos os seus operários enquanto a Obra 1 não apresenta utilização do mesmo por nenhum de seus funcionários.

É necessário explanar que apesar de bem feito o planejamento para a segurança do trabalhador ao risco de atropelamento na Obra 2 os fatores da confiabilidade humana ainda põem em risco o trabalhador quanto a esse quesito.

De acordo com Gambatese et. Al (2017) fatores que podem resultar em um acidente relacionados a confiabilidade humana podem ser falta de atenção, distração, ignorância, indiferença e insanidade mental. Gambatese et. Al (2017) diz que um dos meios de tentar controlar a confiabilidade humana seria utilizando do próprio comportamento humano, incentivando os trabalhadores a seguir as práticas de segurança de modo a recompensa-los e premia-los pela fiscalização da segurança do ambiente e pela utilização correta dos EPIs.

Por fim embora exista uma grande diferença no investimento feito entre a Obra 1 e Obra 2 é preciso lembrar que a segurança do trabalhador e dos usuários da rodovia tem que vir em primeiro lugar e que não deve ser economizado o processo produtivo desta etapa da obra.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desse trabalho foi analisar o sistema de gestão da segurança do trabalho em obras rodoviárias com tráfego ininterrupto a partir de procedimentos nacionais e internacionais. Para tal, foram realizadas visitas a dois canteiros de obras rodoviárias, sendo uma na BR158 e outra na SP-099. Também foram analisados os manuais internacionais MUTCD dos EUA e os manuais canadenses da British Columbia (TMM) e da Ilha de Prince Edward (TWTCM) e o manual brasileiro do DNIT, assim como a NR18. A partir de suas recomendações foram analisadas as obras visitadas para os riscos presentes em cada canteiro e a elaboração de um PPS através da utilização da ferramenta FMEA.

A aplicação da ferramenta FMEA com base no que foi visto para as obras 1 e 2, permitiu identificar como principais riscos a que os operários estão expostos os de atropelamento, inalação de vapores orgânicos, exposição ao sol, exposição ao ruído e a exposição a vibração.

Dentre as etapas a serem seguidas pela ferramenta está a identificação dos potenciais modos de falha para os riscos citados. Quanto à possibilidade de ser atropelado foi verificada questões como: design da pista e das zonas de trabalho, a escolha dos dispositivos de canalização, qualidade e quantidade das sinalizações verticais e horizontais além das adoções de medidas de controle de tráfego temporário. Foi possível verificar que a qualidade e quantidade da adoção das medidas citadas tem interferência direta no isolamento das zonas de trabalho ao fluxo de tráfego de usuários da pista, fator que se demonstra determinante para a garantia da segurança dos trabalhadores em relação ao risco de atropelamento.

Para os riscos de inalação de vapores orgânicos, exposição solar, exposição ao ruído o principal foco de análise foi para a existência e a utilização correta dos EPIs e vestimentas adequadas. A partir do que foi constatado em visita ao canteiro de obras pode-se verificar que apesar de alguns funcionários utilizarem corretamente os equipamentos de proteção e fazerem do uso de vestimentas, muitos apresentaram situação insatisfatória em relação a esses quesitos. De acordo com a revisão literária a não utilização de mascaras para os riscos de inalação orgânica podem resultar em problemas respiratórios, para a exposição ao ruído a não utilização de protetor auricular pode resultar em problemas auditivos e em

relação ao risco de exposição ao sol a não utilização de vestimentas adequadas pode resultar no aumento da possibilidade de se desenvolver câncer de pele.

Seguindo a linha proposta pela ferramenta FMEA pode ser feita a classificação e priorização dos riscos conforme sua severidade, probabilidade de ocorrência e detecção. O cálculo do Número prioritário de risco (NPR) que é a resultante da multiplicação entre as três variáveis citadas a cima (severidade, probabilidade e detecção), demonstrou que o risco ao atropelamento se mostrou o risco de maior prioridade devido a apresentar NPR de valor 300. Os riscos de inalação a vapores orgânicos, exposição ao ruído e vibração apresentaram NPR de valor 243 ficando na segunda posição na prioridade a ser combatida e o risco de exposição solar se demonstrou o de menor prioridade devido a apresentar um NPR de valor 180.

Também com apoio da FMEA identificou-se que as adoções das seguintes medidas poderiam minimizar ou eliminar os riscos identificados. O risco ao atropelamento a partir da adoção da utilização de batedores para controle de fluxo de tráfego dentro do canteiro apresentou novo NPR de 120. Para o risco a exposição ao sol a medida encontrada foi pela utilização de vestimentas adequadas e o uso de protetor solar, quanto ao ruído foi escolhido pelo controle e distribuição de protetores auriculares e para a vibração a sugestão da adoção de turnos menores e mudanças nas escalas dos operários. Para a adoção dessas medidas foi possível diminuir o NPR para 54. Em relação ao risco de inalação de vapores orgânicos foi adotado como medida a utilização de máscaras por parte de toda a equipe que engloba a pavimentação desde os aplicadores de asfalto até os motoristas dos caminhões basculantes. Apesar de uma diminuição em seu valor ele ficou como o risco de maior prioridade após aplicação da ferramenta apresentando novo NPR de 128.

De acordo com os dados apresentados pela aplicação da ferramenta FMEA pode-se dizer que as medidas adotadas podem e devem compor um plano de gestão de segurança que aborde de forma efetiva ambas as obras visitadas bem como outras obras rodoviárias que possuem tráfego ininterrupto.

A visita a mais de uma obra se mostrou interessante pelo fato de poder analisar os riscos diante de dois pontos de vista diferentes. Avaliando-se as duas obras estudadas, foi possível verificar que a obra 1 apesar de possuir menor orçamento e ser localizada em rodovia de menor fluxo de tráfego e tamanho, se

mostrou inferior, de um modo geral se comparada a Obra 2, ao que se diz respeito na qualidade e quantidade dos dispositivos canalizadores de tráfego, design de pista, sinalização, qualidade dos EPIs e vestimentas.

Por fim, ao se analisar as necessidades de segurança do trabalho em comparação com o que está previsto na NR18 e recomendado nos manuais do DNIT, MUTCD, TMM e TWTCM, pode-se apontar que a norma não atende as adversidades impostas pelo canteiro de obras rodoviárias. O manual do DNIT apesar de fornecer diretrizes para a organização do design do canteiro não faz recomendações quanto a questões comportamentais dos operários, o que poderia ser feito pela NR-18 através de um anexo específico para o trabalho em obras rodoviárias que englobasse não só questões como as barreiras a serem utilizadas bem como diretrizes de como proceder dentro de um canteiro de obras com tráfego ininterrupto. Seria interessante também a inclusão ao manual do DNIT possíveis medidas a serem adotadas para o controle do fluxo de tráfego alheio as construções, como por exemplo adoção de radar móvel temporário ou a utilização de batedores assim como recomendam os manuais internacionais.

REFERÊNCIAS

_____. NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. **Ministério do Trabalho e Previdência Social**. 2015c. Disponível em: < <http://www.mtpps.gov.br/> >. Acesso em: 02 abr. 2018.

_____. NR 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI. **Ministério do Trabalho e Previdência Social**. 2015b. Disponível em: < <http://www.mtpps.gov.br/> >. Acesso em: 02 abr. 2018.

ARROWS - Advanced Research on Road Work Zone Safety Standards in Europe. (1998). Road Work Zone Safety Practical Handbook.

BARBOSA, T. S. **Gerenciamento de riscos de acidentes do trabalho: estudo de caso em uma obra de construção de dutos terrestres**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002.

BARROS, Maria Helena Bessa. **Confiabilidade humana no trabalho: uma abordagem ergonômica na prevenção da falha humana em um processo de reestruturação produtiva**. XIII SIMPEP, Bauru, SP, nov 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/878.pdf>.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 - Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**, FUNDACENTRO, 2001.

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de sinalização de obras e emergências em rodovias**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2010. 218p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). **Pesquisa CNT de rodovias 2015: relatório gerencial**. Brasília, DF, 2015.

COUTINHO, Mariana Rodrigues. **Gerenciamento Integrado de Riscos de Projetos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2010. Certificação Digital N°0812712/CA Disponível em:< http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/17098/17098_4.PDF> Acesso em: 20 mai. 2018

DNIT 078/2006– PRO - Condicionantes Ambientais Pertinentes à Segurança Rodoviária na Fase de Obras;

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. (2000). Workzone Operations Best Practices Guidebook.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Manual on uniform traffic control devices**: For Streets and Highways. 2009 Edition. Washington, DC. Disponível em:<<https://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009r1r2/mutcd2009r1r2edition.pdf>> Acesso em: 18 fev. 2018.

GAMBATESE, John A.; HURWITZ, David; BARLOW, Zachary. **Highway Worker Safety**. 2017.

GUIMARÃES, F. J. R. P. *Apostila de riscos químicos*. Santos (SP): Senac, 2003.

GUIMARÃES, JRPF. Riscos para a saúde dos trabalhadores em pavimentação de ruas: As emissões tóxicas do asfalto, 2003. 2010.

ILO (International Labour Office), 2001. Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems. ILO Meeting of Experts on Guidelines Occupational Safety and Health Management Systems MEOSH 2001/2. Geneva: ILO.

LEONARDO, Glauco Silva; SILVA, Pedro de Bem. Sistema de iluminação para rodovias durante incidência de neblina e chuva. **Engenharia Elétrica Telemática-Pedra Branca**, 2013.

LEVY, Óscar Benedito Lotário Soares. **Projeto de Investigação: Gestão da segurança e saúde no trabalho em trabalhos de beneficiação rodoviária - “perfil de autoestrada” e a aplicação dos princípios gerais da prevenção à fase de execução de obra.** Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, 2014.

LOPES, José Luiz. Riscos para a saúde de trabalhadores de pavimentação com asfalto. **INTERFACEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 3, 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria 3.214 de jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho (NR-15): atividades e operações insalubres.** Brasília, 1978. Disponível em: . Acesso em: nov. 2001.

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND INFRASTRUCTURE. **Traffic Management Manual for Work on Roadways.** 2015 Edition. British Columbia, Canada. Disponível em: < https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/driving-and-transportation/tcm_consolidated.pdf> Acesso em: 15 mar. 2018

NIOSH. **Hazard Review: Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt.** DHHS (NIOSH) Publication No. 2001–110, dec.2000, 150 p

PEREIRA FILHO, José Ilo. **Protocolo para Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho ao Processo de Desenvolvimento do Produto da Construção Civil (PISP).** 2011. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2011.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK).** 5.ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2013.

POZZEBON, Pedro Henrique Bürger; RODRIGUES, Nilton Vanderlei. **Radiação Ultravioleta em Trabalhadores da Construção Civil: Problemas e Soluções.** Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 15-26, 2009.

PRATT, Stephanie G.; FOSBROKE, David E.; MARSH, Suzanne M. Building safer highway work zones; measures to prevent worker injuries from vehicles and equipment. 2001.

RUPPENTHAL, Janis E. **Gerenciamento de Riscos**. 2013. 120 p. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Santa Maria: CTISM, 2013.

SILVEIRA, Francisco Renato Pinto da. **Trabalhos em rodovias sem interrupção de tráfego: Segurança no trabalho vs segurança rodoviária**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2010.

SIMÕES, TC; SOUZA, NVDO; SHOJI, S; PEREGRINO AAF; SILVA D. **Medidas de prevenção contra câncer de pele em trabalhadores da construção civil: contribuição da enfermagem**. Rev Gaúcha Enferm., Porto Alegre (RS) 2011 mar;32(1):100-6. 2011.

SOUTO, Daphnis Ferreira. **Saúde no trabalho: uma revolução em andamento**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2005.

SUTER, Alice H. **Construction Noise: Exposure, Effects, and the Potential for Remediation; A Review and Analysis**. 2002. AIHA Journal 6. 3:768–789 (2002)

TAMOIOS, Concessionária. **A Obra**. Disponível em: <<http://www.concessionariatamoios.com.br/concessao/a-obra>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. FMEA-Análise do Tipo e Efeito de falha. **GEPEQ–Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade-DEP–UFSCar. Apostila**, 2006.

TORRES, Gustavo de Lima; PIERI, Mariane de. SUGESTÕES PARA ADOÇÃO DE REQUISITOS DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO EM PROJETOS

ARQUITETÔNICOS ATRAVÉS DA EXIGÊNCIA EM CÓDIGO DE OBRAS. **2015. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil**, Universidade Tecnológica Federal do Parana, Pato Branco, 2015.

TRANSPORTATION INFRAESTRUCTURE AND ENERGY. **Temporary Workplace Traffic Control Manual**. 2016 Edition. Prince Edward Island, Canada. Disponível em: < http://www.gov.pe.ca/photos/original/trafficcont_cr.pdf > Acesso em 15 mar 2018.

XIMENES, Gilmar Machado. Gestão ocupacional da vibração no corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança. 2006