



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Roger Hugo Santos Azevêdo

AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS ENCONTRADOS NAS OBRAS DE
PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Palmas – TO

2019

Roger Hugo Santos Azevêdo

AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS ENCONTRADOS NAS OBRAS DE
PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de bacharelado e Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.a Dra. Jacqueline Henrique

Palmas – TO

2019

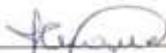
Roger Hugo Santos Azevêdo
AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS ENCONTRADOS NAS OBRAS DE
PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.a Dra. Jacqueline Henrique

Aprovado em: 21 / 11 / 2019

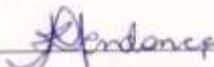
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dra. Jacqueline Henrique

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Kenia Parente Lopes Mendonça

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Edzer Pinto Chagas

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

Dedico este trabalho a minha esposa Adriana Carneiro, que nos momentos mais difíceis sempre esteve ao meu lado, e ao meu filho Pedro Azevêdo, que depois da sua chegada a vida ganhou um sentido especial, e o que dizer do seu sorriso meu filho amado, uma fonte de energia inigualável e que me dá animo em busca de dias melhores, enfim, a vocês dedico os frutos que viram dessa conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder saúde, a coisa mais importante que um ser humano pode almejar, a vontade de estudar e de enxergar na educação a melhor forma de ampliar os horizontes e de proporcionar qualidade de vida a minha família, a coragem para enfrentar e vencer os obstáculos que a vida nos impõem.

Agradeço a minha mãe Aldeci Moreira por me ensinar valores éticos, respeitar o próximo e o mais importe de todos os ensinamentos, que o trabalho dignifica o ser humano, quero agradecer de forma especial a minha avó Herminia Ferreira, que por diversas vezes foi como uma mãe para mim.

Agradeço aos professores pelo empenho em transmitir o conhecimento, pela compreensão nos momentos mais delicados, pelos sermões, sermões que não tiveram cunho de envergonhar, mas de alinhar para o caminho o ser seguido, de mostrar a cada acadêmico a importância de ser tornar um bom profissional é consequentemente contribuir para a formação de uma sociedade mais justa e igualitária. Em especial agradeço a Prof.a Dra. Jacqueline Henrique, que me orientou com muita paciência e sabedoria.

Aos colegas de curso agradeço pelas diversas trocas de conhecimento, seja pelos trabalhos em grupos ou pelas madrugadas em claro estudando para as provas, enfim, momentos que foram importantíssimos nessa longa caminhada.

“No pain, no gain”

Ben Hei Hei

RESUMO

AZEVÊDO, R. H. S. **Avaliação dos riscos ambientais encontrados nas obras de pavimentação asfáltica**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/Tocantins, 2019.

Este trabalho avaliou os riscos ambientais encontrados nas obras de pavimentação asfáltica por meio de observação *“in loco”*, registros fotográficos e formulário “checklist”. Através da observação foi possível conhecer o grau de intensidade dos riscos ambientais, verificar a responsabilidade da empresa quanto à obediência aos procedimentos de segurança do trabalho e prevenção de acidentes. O levantamento dos dados foi realizado em avenidas que compõem o plano diretor da cidade de Palmas - TO em fase de obras de pavimentação asfáltica. Com o acompanhamento das atividades de pavimentação foi possível diagnosticar as funções que apresentaram maiores riscos para a saúde dos trabalhadores. Após o levantamento e tratamento dos dados foi constatado negligência por parte da executora da obra, pois se trata de manuseio e exposição a agentes químicos encontrados nas emissões asfálticas, agentes que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) são comprovadamente cancerígenos. De acordo com o resultado da avaliação a executora deverá fornecer aos trabalhadores todos os equipamentos de proteção individual necessários para realização de cada função, realizar treinamentos sobre o uso dos equipamentos, instigar o trabalhador a fazer uso dos EPI's, também será necessário fomentar programas de monitoração e conscientização sobre a importância da execução das atividades com segurança.

Palavras-chave: Riscos Ambientais, pavimentação asfáltica, segurança do trabalho.

ABSTRACT

AZEVEDO, R. H. S. Assessment of environmental risks found in asphalt pavement works. 2019. 65 f. Course Conclusion Paper (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas/Tocantins, 2019.

This work evaluated the environmental risks found in asphalt pavement works by means of on-site observation, photographic records and checklist form. Through observation it was possible to know the degree of intensity of environmental risks, verify the company's responsibility for compliance with work safety procedures and accident prevention. Data were collected from avenues that make up the master plan of the city of Palmas - TO, which is currently undergoing asphalt pavement works. By monitoring the paving activities, it was possible to diagnose the functions that presented the greatest risks to workers' health. After the survey and treatment of the data was found negligence on the part of the developer, because it is handling and exposure to chemicals found in asphalt emissions, agents that according to the World Health Organization (WHO) are proven carcinogens. According to the result of the evaluation, the executor must provide the workers with all the personal protective equipment needed to perform each function, conduct training on the use of the equipment, encourage the worker to use PPE, it will also be necessary to foster monitoring programs. and awareness of the importance of carrying out activities safely.

Keywords: Environmental Risks, asphalt pavement, work safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento manual de medida da penetração.....	21
Figura 2 - Esquema básico do ensaio.	21
Figura 3 - Representação esquemática dos componentes dos asfaltos.	27
Figura 4 - Rotatória entre as avenidas NS-05 e LO-12.	33
Figura 5 - Avenida LO-14 - trecho entre as avenidas NS-02 e NS-08.....	34
Figura 6 - Operador de caminhão espargidor.	36
Figura 7 - Operador de caminhão espargidor.....	36
Figura 8 - Operador de vibroacabadora.	37
Figura 9 - Auxiliar de vibroacabadora.....	37
Figura 10 - Operador de rolo compactador tandem.	39
Figura 11 - Auxiliar de rolo compactador.....	39
Figura 12 - Auxiliares de serviços gerais.....	41
Figura 13 - Tráfego de veículos no trecho.....	41
Figura 14 - Interdição do tráfego de veículos no trecho em pavimentação.	45
Figura 15 - Ilustração de modelo de uniforme que atende a ABNT NBR 15292:2013.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) encontrados em estudo da USEPA.....	29
Quadro 2 - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) encontrados em estudo da NIOSH.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) - Classificação por penetração (Portaria DNC 5 de 18/2/1993) vigente até julho de 2005.	23
Tabela 2 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) - Classificação por viscosidade (Portaria DNC 5 de 18/2/93) vigente até julho de 2005.	23
Tabela 3 - Nova especificação brasileira de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). ...	24
Tabela 4 - Exemplos de composições químicas de asfaltos por tipo de cru.	26
Tabela 5 - Categoria dos riscos na função de operador de caminhão espargidor. ...	36
Tabela 6 - Categoria dos riscos na função de operador de vibroacabadora.	38
Tabela 7 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de vibroacabadora.	38
Tabela 8 - Categoria dos riscos na função de operador de rolo compactador.	40
Tabela 9 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de rolo compactador.	40
Tabela 10 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de serviços gerais.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás e Energia
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CM-30	Asfalto Diluído de Petróleo (ADP)
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PFF	Peça Facial Filtrante
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RR-2C	Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida
SARA	Saturados, aromáticos, resinas, asfaltenos
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
TSD	Tratamento Superficial Duplo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 JUSTIFICATIVA	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 PAVIMENTO.....	18
2.2 ASFALTO	19
2.2.1 Composição química.....	25
2.2.2 As emissões do asfalto	28
2.3 TOXICOLOGIA.....	30
2.4 LEGISLAÇÃO	31
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 DESENHO DO ESTUDO	32
3.2 LOCAL E PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO.....	33
3.3 OBJETO DE ESTUDO	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS ABSERVADOS NAS ATIVIDADES DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, POR ORDEM DE EXECUÇÃO.....	35
4.1.1 Operador de caminhão espargidor	35
4.1.2 Operador e auxiliar de vibroacabadora	37
4.1.3 Operador e auxiliar de rolo compactador	38
4.1.4 Auxiliar de serviços gerais (servente)	40
4.2 PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA E PREVENÇÃO DE ACIDENTES.....	42
4.3 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	43
4.3.1 Equipamentos de proteção individual e Equipamento de proteção coletivo	44
4.3.2 Ficha de distribuição dos equipamentos de proteção individual	46
5 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	52
APÊNDICE A – CHECKLIST DE OBSERVAÇÃO “IN LOCO”	53
ANEXOS	54
ANEXO A - CATEGORIAS DE CONSEQUÊNCIA DOS RISCOS	55

ANEXO B - CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA DOS RISCOS	56
ANEXO C – CLASSIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DOS RISCOS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A segurança do trabalho é relevante em qualquer obra de engenharia, seja ela: construção civil, estruturas e fundações, geotecnia, hidráulica, infraestrutura e transporte, e também em obras de saneamento. No setor de infraestrutura e transporte, mais especificamente em obras de pavimentação rodoviária é fundamental que sejam obedecidas as normas regulamentadoras que versam sobre a segurança e o conforto dos trabalhadores.

Nas obras de pavimentação asfáltica existe um grande fluxo de máquinas pesadas, caminhões transportando materiais, operários executando atividades no trecho, ou seja, uma sincronia de atividades sendo executadas, e ainda o tráfego dos automóveis de passeio ou de carga. Para que exista uma perfeita harmonia dos serviços é necessário um projeto de sinalização bem elaborado, visando oferecer conforto para os usuários da rodovia e para os trabalhadores envolvidos.

O aumento na frota de veículos no Brasil, atrelado com a qualidade e alta tecnologia dos mesmos e na contramão a malha rodoviária do país que não conseguiu acompanhar o acelerado ritmo da indústria automobilística fizeram com que a sinalização assumisse a principal forma de gerir o tráfego proporcionando segurança aos usuários das vias (manual de sinalização rodoviária, 3ª Edição, 2010).

Em qualquer obra de engenharia a probabilidade de ocorrência de acidente de trabalho é consideravelmente elevada, nesse contexto, o Brasil hoje possui 37 normas regulamentadoras, que abordam todas as áreas e atividades, essas normativas são claras, didáticas e bem explicativas. As leis vigentes em nosso país que tratam da segurança do trabalhador são rígidas, no entanto, ainda há o descumprimento das referidas normas e leis.

No Brasil, as rodovias (federais, estaduais ou municipais) são as principais formas de transportar pessoas e produtos de uma região à outra, sem elas, o país fica a beira do caos, pois faltará produtos indispensáveis a sobrevivência do ser humano, nesse contexto, cada vez mais será necessário ampliar o sistema rodoviário e principalmente executar manutenções periódicas na malha já existente, aliado a essas necessidades, a segurança do trabalho nas obras de pavimentação asfáltica tende a se tornar cada vez mais necessário.

Diversas etapas existentes na pavimentação asfáltica são realizadas por meio de maquinários específicos, a céu aberto e em contato com produtos oriundos do petróleo, expondo os trabalhadores a riscos físicos e químicos, entre outros.

Na categoria de riscos físicos os trabalhadores estão expostos à alta vibração, extrema temperatura e nível de pressão sonora elevada, pois, são operadores ou auxiliares dos maquinários necessários na execução das etapas de pavimentação.

Na categoria de riscos químicos os trabalhadores estão em contato direto com produtos derivados do petróleo usados nas camadas que compõem o pavimento, dentre esses produtos podemos citar os mais usuais, como: CBUQ, CM-30, TSD, RR-2C e etc. O manuseio incorreto e a exposição sem a devida proteção a vapores oriundos da emulsão asfáltica pode levar o trabalhador a intoxicação.

Dessa forma, se propõe nesse trabalho a mitigação dos riscos ambientais encontrados nas obras de pavimentação asfáltica, caso sejam confirmados, propor mudanças de comportamento, implantação de ficha para retirada de equipamentos de proteção individual, treinamentos sobre segurança do trabalho em obras, ordem de serviço para cada atividade acompanhada de um “cheklist” quando da utilização de EPI’s.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar os riscos ambientais encontrados nas obras de pavimentação asfáltica, por meio de observação visual, registros fotográficos e formulário “checklist”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os riscos ambientais, conforme recomendação de (CARDELLA,1999);
- Verificar se a empresa responsável pela obra obedece aos procedimentos de segurança e prevenção de acidentes;
- Apresentar propostas de intervenção que visem à prevenção de acidentes.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pelo fato de que nos dias atuais, mesmo com a intensificação nas campanhas de prevenção de acidentes, ainda é elevado o número de acidentes que ocorrem em obras de pavimentação asfáltica, seja por desconhecimento das normas de segurança ou até mesmo pelo mau uso dos EPI's, e que muitos dos trabalhadores envolvidos nessas atividades desconhecem os agentes e os riscos ambientais que estão sujeitos.

Levando em consideração que o estado do Tocantins é a mais nova unidade federativa do Brasil, território que antes pertencia ao denominado "norte goiano", local notoriamente conhecido por sua falta de infraestrutura, onde o elo de ligação entre as cidades, distritos e povoados era as estradas de rodagens, modelo de via que ainda é bastante comum e usual nos dias atuais, porém, com o progresso foi necessário investir em estradas pavimentadas para fortalecer o crescimento do estado, assim, o Tocantins se tornou um grande canteiro de obras, aliado a esse contexto, a segurança do trabalho está presente em qualquer obra de engenharia onde exista atividade que ponha em risco a integridade física e a saúde do trabalhador, de maneira resumida o termo segurança do trabalho pode ser definido como conjunto de normas necessárias e direcionadas a promover a redução e/ou eliminação de acidentes e doenças nos locais de trabalho, proporcionando aos trabalhadores ambientes seguros e confortáveis para desenvolverem suas funções.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTO

Pavimento é uma estrutura de várias camadas e espessuras finitas, materializada sobre a terraplenagem concluída, com especificação técnica destinada a suporta os esforços advindos do rolamento de veículos e das variações climáticas, com objetivo de oferta ao usuário da via um tráfego confortável, seguro e econômico (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Quando o solo natural não possui características inerentes à resistência e não pode resistir diretamente às ações do tráfego sem que sua estrutura seja comprometida, torna-se imprescindível a construção de uma estrutura, conhecida como pavimento, essa estrutura que é composta por varias camadas e é construída sobre o subleito, tendo o objetivo de receber e suportar as tensões oriundas do tráfego, dissipando-as de forma mais branda as demais camadas até chegar ao subleito. (CRONEY, 1977).

Basicamente o pavimento pode ser dividido em duas categorias, o rígido e o flexível, o rígido é também conhecido como pavimento de concreto de cimento Portland ou resumidamente concreto-cimento, já o flexível recebe a nomenclatura de pavimento asfáltico (BERNUCCI *et al.*, 2008).

A pavimentação do tipo concreto-cimento nada mais é do que placas de concreto constituídas por cimento Portland, nessa metodologia, a resistência à flexão das placas de concreto e a resistências das camadas abaixo das placas de concreto é que irão determinar a espessura de cada placa (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Os pavimentos denominados flexíveis são aqueles em que a estrutura é composta por matérias betuminosos e/ou asfálticos e que sofrem flexão quando recebem as ações do tráfego.

O revestimento que compõem os pavimentos asfálticos é constituído em sua grande maioria por ligantes asfálticos e agregados. Sua formação é composta por quatro estruturas/camadas, são elas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser a própria camada de rolamento, ou, a camada de rolamento acrescida de camadas intermediárias e camada de ligação. As características de um pavimento vão depender da intensidade que se espera receber do tráfego e dos materiais disponíveis para sua

execução, ou seja, nem sempre o pavimento irá possuir todas as camadas (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.2 ASFALTO

O asfalto é conhecido como um dos materiais mais antigos e usados nas construções.

Segundo o Manual de asfalto (IA, 1989) esse material pode ser empregado em mais de 100 atividades, variando da agricultura até a indústria. Em grande parte do mundo, a pavimentação asfáltica se configura como o modelo de revestimento mais usado, no Brasil, aproximadamente 95% da malha viária pavimentada é de revestimento asfáltico.

O uso em grande escala do asfalto na pavimentação asfáltica se justifica pelo fato de oferecer boa harmonia entre os agregados, atuando como um ligante que proporciona o controle da flexão, além de possuir alta durabilidade, ser impermeável, boa capacidade de resistir ações provocadas pelos mais variados ácidos, álcalis e sais, além da capacidade de combinação com diversos compostos do universo mineral (BERNUCCI *et al.*, 2008).

De acordo com (Bernucci *et al.*, 2008; Guimarães, 2003) conceitua-se como asfalto a mistura de hidrocarbonetos oriundos do petróleo, seja pela ação natural ou pela destilação, tendo o betume como componente principal, o refinamento do petróleo contém uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, parafínicos, aromáticos, compostos contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, dentre eles, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP).

Abaixo, outras conceituações em menção ao produto:

- Betume: definido como uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono;
- Alcatrão: referência genérica de um produto que contém hidrocarbonetos e é obtido por meio do processo de queima ou destilação do carvão, da madeira, etc.

Por conseguinte, o betume é encontrado tanto no asfalto como no alcatrão, porém, ambos possuem características bem diferentes. Atualmente o alcatrão não é mais usado na pavimentação pelo fato de poder causar câncer, também é pouco

homogêneo e sua qualidade é baixa quanto se trata de ligante para pavimentação (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Existem também os chamados asfaltos naturais, oriundos de lagos concebidos a partir do acúmulo de petróleo que deslocaram na direção da superfície, mediante processos naturais formaram um produto composto de betume e matérias minerais. Durante os últimos 5000 anos foram a única fonte de asfalto para os mais diversos usos. No Brasil os primeiros pavimentos também foram de asfalto natural, importado do lago de Trinidad (PREGO, 1999).

O asfalto empregado nos processos de pavimentação por ser um ligante betuminoso derivado de resíduos destilados do petróleo e possuir a natureza de ser um adesivo termoviscoelástico, com alto teor de impermeabilidade e baixa reatividade. Contudo, a pouca reatividade química não inibe que esse material sofra oxidações quando do contato com os elementos ar e água, ocasionando um processo de envelhecimento (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Do ponto de vista mecânico, apresenta característica de termoviscoelasticidade, predisposto a velocidade, condições do tempo, grau de carregamento e à temperatura ambiental de serviço (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Por trata-se de um produto semi-sólido quando exposto a baixas temperaturas, viscoso e elástico em temperatura ambiente, quando submetido a altas temperaturas toma a forma líquida, e dentro de um padrão de especificações estabelecidas apresenta consistência para temperaturas com limite aceitável. (BERNUCCI *et al.*, 2008). Diante dessas especificações, no Brasil recebe a nomenclatura de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).

Os asfaltos são classificados em duas categorias: o de uso industrial e o de uso em pavimentação. São encontrados nos três estados: sólido, pastoso e líquido (quando diluídos e submetido ao aquecimento) (NIOSH, 2000).

Na indústria é usado para impermeabilizar e revestir dutos, no processo de fabricação é acrescentado pó de asfalto em sua parte externa, recebe a injeção de ar em sua massa, que o denomina de asfalto oxidado. O asfalto usado na pavimentação é concebido através da adição de querosene e nafta, tendo de ser aquecido para poder ser aplicado (NIOSH, 2000).

De acordo com (Shell, 2003), são explorados aproximadamente 1500 tipos de petróleo pelo mundo, entretanto, pequena parte dessa exploração possui características adequadas para produzir asfalto.

Segundo (Pinto, 1991; Leite, 1999; Shell, 2003), os melhores petróleos para produção de asfalto são produzidos na Venezuela, a citar: Boscan e o Bachaquero.

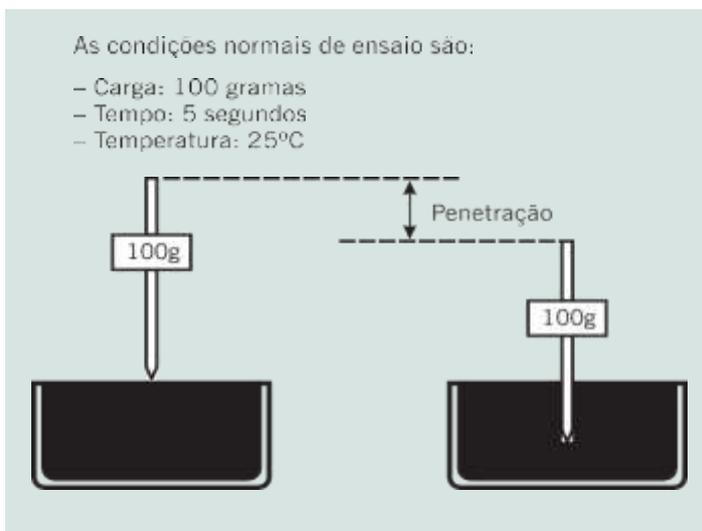
A classificação dos CAP's é de acordo com a viscosidade e com a sua penetração, se a viscosidade é acentuada ou total mostra que o asfalto é consistente, já a penetração demonstra o estado do asfalto, o ensaio de penetração é normatizado pela ABNT NBR 6576/1998, é realizado com uma agulha padronizada (100g), para ser considerado sólido a agulha não pode penetrar mais que 10 mm, caso a agulha penetre mais que esse valor o asfalto é considerado semi-sólido (BERNUCCI *et al.*, 2008; PIZZORNO, 2010).

Figura 1 - Equipamento manual de medida da penetração.



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

Figura 2 - Esquema básico do ensaio.



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

Até julho de 2005 os ligantes brasileiros eram separados em duas famílias: os especificados por penetração e os especificados pela viscosidade. No critério de viscosidade os CAP's eram separados em três classes: CAP 7, CAP 20 e CAP 40, essa numeração remetia ao começo da faixa de viscosidade de cada classe. No critério de penetração, existiam quatro classes de CAP's: CAP 30-45, CAP 50-60, CAP 85-100 e CAP 150-200, a numeração referia-se à faixa de penetração adquirida no ensaio (BERNUCCI *et al.*, 2008).

A Agência Nacional de Petróleo, Gás e Energia (ANP) aprovou uma nova especificação para Cimentos Asfálticos de Petróleo, a ANP nº 19, de 11 de julho de 2005, essa nova resolução adota a penetração como parâmetro de classificação dos asfaltos. Os CAP's passaram a ser subdivididos em quatro classes: CAP 30-45, CAP 50-70, CAP 85-100 e CAP 150-200 (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Tabela 1 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) - Classificação por penetração (Portaria DNC 5 de 18/2/1993) vigente até julho de 2005.

Características	Unidade	Valores			
		CAP 30-45	CAP 50-60	CAP 85-100	CAP 150-200
Penetração (100g,5s, 25 °C)	0,1mm	30 a 45	50 a 60	85 a 100	150 a 200
Dutilidade a 25 °C, mín.	cm	60	60	100	100
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	235	220
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5
Viscosidade Saybolt-Furol, 135 °C, mín.	s	110	110	85	70
Efeito do calor e do ar, 163 °C por 5h					
Penetração, mín.	%	50	50	47	40
Variação em massa, máx.	%	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

Tabela 2 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) - Classificação por viscosidade (Portaria DNC 5 de 18/2/93) vigente até julho de 2005.

Características	Unidade	Valores		
		CAP-7	CAP-20	CAP-40
Viscosidade a 60 °C	P	700 a 1.500	2.000 a 3.500	4.000 a 8.000
Viscosidade Saybolt-Furol, 135 °C, mín.	s	100	120	170
Viscosidade Saybolt-Furol, 177 °C	s	15 a 60	30 a 150	40 a 150
Dutilidade a 25 °C, mín.	cm	50	20	10
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)
Penetração (100g, 5s, 25 °C), mín.	0,1mm	90	50	30
Ponto de fulgor, mín.	°C	220	235	235
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5
Densidade (20/4 °C), mín.		0,9990	0,9990	0,9990
Efeito do calor e do ar, 163 °C por 5h				
Razão de viscosidade, máx.		4,0	4,0	4,0
Variação em massa, máx.	%	1,0	1,0	1,0

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

Tabela 3 - Nova especificação brasileira de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).

Características	Unidade	Limites				Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín.	°C	52	46	433	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt-Furol							
a 135°C, mín.	s	192	141	110	80	NBR 14950	E 102
a 150°C, mín.		90	50	43	36		
a 177°C		40 a 150	30 a 150	15 a 60	15 a 60		
Viscosidade Brookfield							
a 135°C, mín. SP 21, 20rpm, mín.	cP	374	274	214	155	NBR 15184	D 4402
a 150°C, mín.		203	112	97	81		
a 177°C, SP 21		76 a 285	57 a 285	28 a 114	28 a 114		
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	-	-
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar a 163°C por 85 minutos							
Variação em massa, máx.	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		D 2872
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín. (*)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

Fonte: ANP, 2005.

2.2.1 Composição química

Os petróleos possuem diversas propriedades físicas e químicas, esses óleos vão de líquidos escuros com viscosidade a líquidos acastanhados com fluidez elevada.

O petróleo tem composição química na grande maioria aromática, naftênica e parafínica.

Fazem parte da composição química dos CAP's: hidrocarbonetos e heteroátomos. Os heteroátomos variam de 5 a 10% e são formados por cálcio, ferro, enxofre, magnésio, níquel, nitrogênio, oxigênio e vanádio, já os hidrocarbonetos, grande maioria, varia de 90 a 95%. A taxa de enxofre e de metais nos cimentos asfálticos de petróleo produzidos no Brasil é baixa, em compensação, existe uma elevada taxa de nitrogênio. É a composição química do CAP que vai determinar o comportamento mecânico e o funcionamento físico das misturas asfálticas, no entanto, o incremento de agentes modificadores como os polímeros é que causam maior influência (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Os hidrocarbonetos que compõem o CAP configuram-se como não voláteis, esse material possui elevada massa molecular com características que variam dependendo de sua origem e do processo da obtenção do petróleo. No Brasil, a principal metodologia para refinar o petróleo é a destilação a vácuo. Existe também o processo de desasfaltação por meio da aplicação de solventes, mas nesse caso, é pouco usual.

Diante do processo de refino do asfalto e das transformações que o mesmo é submetido, sua composição sofre variações, outro fator determinante para sua composição é a fonte do petróleo. Segundo (SHELL, 2003), após o manufaturamento do asfalto e perante o ponto de vista elementar, a fração dos componentes pode apresentar-se da seguinte forma: 82 a 88% de carbono, 0 a 6% de enxofre, 8 a 11% de hidrogênio, 0 a 1% de nitrogênio e 0 a 1,5% de oxigênio (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Tabela 4 - Exemplos de composições químicas de asfaltos por tipo de cru.

Origem	Mexicano	Boscan Venezuela	Califórnia Estados Unidos	Cabiúnas Brasil	Cabiúnas Brasil	Árabe Leve Oriente Médio
Refinaria	-	RLAM Bahia	-	Regap Minas Gerais	Replan São Paulo	Reduc Rio de Janeiro
Carbono %	83,8	82,9	86,8	86,5	85,4	83,9
Hidrogênio %	9,9	10,4	10,9	11,5	10,9	9,8
Nitrogênio %	0,3	0,8	1,1	0,9	0,9	0,5
Enxofre %	5,2	5,4	1,0	0,9	2,1	4,4
Oxigênio %	0,8	0,3	0,2	0,2	0,7	1,4
Vanádio ppm	180	1.380	4	38	210	78
Níquel ppm	22	109	6	32	66	24

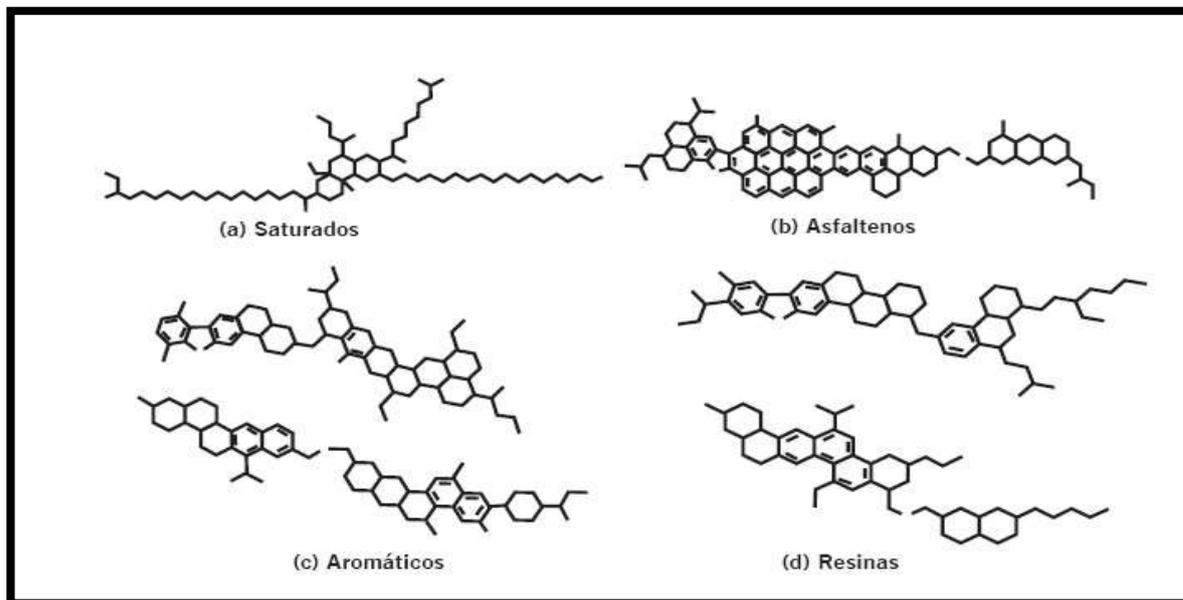
Fonte: LEITE, 2003.

A composição química também varia com o tipo de fracionamento a que se submete o ligante asfáltico, sendo o método mais moderno atualmente empregado, normalizado pela ASTM D 4124-01, aquele que separa as seguintes frações: saturados, nafteno-aromáticos, polar-aromáticos e asfaltenos. Os asfaltenos são separados primeiro por precipitação com adição de n-heptano, e os outros constituintes, englobados na designação genérica de maltenos, são solúveis no n-heptano e separados por cromatografia de adsorção. Na Europa utiliza-se método similar conhecido como SARA (S de saturados, A de aromáticos, R de resinas e A de asfaltenos), sendo a separação dos constituintes realizada por cromatografia de camada fina com detecção por ionização de chama (Leite, 1999; Shell, 2003).

O número de átomos de carbono por molécula encontrados no CAP varia de 20 a 120, o que torna sua composição química extremamente complexa (DNIT, 2004).

O desempenho físico e químico das misturas asfálticas está diretamente ligado com a influência dos compostos químicos contidos no CAP, mas, são os processos de incorporação de agentes modificadores que realmente determinara seu desempenho, a citar: o polímero (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 3 - Representação esquemática dos componentes dos asfaltos.



Fonte: SHELL, 2003.

De acordo com (Método SARA e ASTM D 4124), o fracionamento do CAP é realizado em três etapas: primeiro os asfaltenos são separados por n-heptano, em seguida, adsorção dos maltenos em alumina, posteriormente a desorção com solventes de polaridade crescente, desse fracionamento gera a separação em: saturados, nafteno-aromáticos e polar-aromáticos.

Os asfaltenos constituem-se de hidrocarbonetos naftênicos e de cadeias saturadas curtas, tem característica sólida e forma variada, com coloração que vai do preto ao marrom, tem natureza polar e polarizável. Quanto mais asfaltenos compõem o ligante asfáltico, mais rígido e viscoso ele se torna. Geralmente, corresponde de 5% a 25 % de asfaltenos na composição do CAP (BERNUCCI *et al.*, 2008; SHELL, 2003).

As resinas constituem-se de carbono, enxofre, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio, se apresentam no estado sólido e semi-sólido, em tom marrom escuro, altamente adesiva e com natureza polar (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Os aromáticos, encontrados em maior proporção no asfalto com 40 a 65%, responsáveis pela dispersão e peptização dos asfaltenos, com pouca massa molar, o seu líquido é viscoso em tom amarelado e sua natureza é polar (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Os saturados são compostos de cadeias retas e ramificadas de hidrocarbonetos, de forma que os óleos apresentam uma viscosidade transparente, não são polares e correspondem entre 5 e 20% do asfalto.

Em presença de quantidade suficiente de resinas e aromáticos, os asfaltenos formam micelas com boa mobilidade e resultam em ligantes conhecidos como Sol. Porém, se as frações não estão bem balanceadas, há formação de estruturas de pacotes de micelas com vazios internos que resultam em ligantes de comportamento conhecido como Gel, sendo um exemplo desse tipo os asfaltos oxidados utilizados em impermeabilizações. Esse comportamento Gel pode ser minimizado com o aumento de temperatura (Leite, 1999; Shell, 2003).

2.2.2 As emissões do asfalto

Quando uma rua ou estrada está em processo de pavimentação é comum à formação de “nuvens” durante a aplicação do asfalto no piso, normalmente com a tonalidade azulada. Essas “nuvens” são derivadas da mistura de fumos de asfalto com vapores de asfalto, os vapores do asfalto são produzidos quando os produtos de asfalto entram em aquecimento, quando os vapores voltam à temperatura normal, ocorre à condensação na forma de fumo de asfalto. Dessa forma, todos os trabalhadores envolvidos no processo de pavimentação com asfalto aquecido estão expostos aos fumos de asfalto e as poeiras de asfalto, os vapores são constituídos de partículas muito finas de sólidos ou líquidos suspensos, quando condensados apresentam características viscosas (NIOSH, 2000).

Dentre as emissões gasosas, temos o metano, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio. Outros solventes aromáticos são encontrados nas emissões de asfalto, dentre eles o BTX – Benzeno, Tolueno e Xileno. Entretanto os compostos como maior destaque nas emissões do asfalto são os HAP, devido ao seu poder de provocar ou estimular o aparecimento de carcinomas ou câncer em um organismo, evidenciando-se como os agentes com maior probabilidade de causar risco à saúde dos funcionários envolvidos nas etapas de pavimentação (GUIMARÃES, 2003; WHO, 1998).

Para diluir o asfalto geralmente emprega o uso de querosene ou nafta, o querosene consiste na mistura de Hidrocarbonetos alifáticos, olefínicos e

aromáticos, os alifáticos com 87%, são considerados os principais componentes, com faixa entre 10 a 16 átomos de Carbono, já a nafta é um combinação de hidrocarbonetos na faixa de 4 a 12 átomos de Carbono, composta por parafinas cíclicas e olefinas e hidrocarbonetos aromáticos com até 18% (FREITAS GUIMARÃES, 2003; GOES, 1997).

No ano de 1994, Lutes *et al.* publicaram um estudo sobre as emissões do asfalto aplicado a quente, apresentando resultados relativos as emissões tóxicas de HAP. Também foi detectado desse estudo a exposição a vapores de benzeno e a fumos contendo chumbo.

Outro estudo, mais recente, publicado pela NIOSH (Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt) em dezembro de 2000, traz uma ampla relação de HAP, depois da retirada de 131 amostras de limpeza de pele da testa e das palmas das mãos de trabalhadores em pavimentação de ruas, aplicação de mantas asfálticas em telhados e que operam tanques na transferência de asfalto para caminhões.

Entre um estudo e outro se passaram seis anos, à medida que a metodologia de detecção HAP evoluiu, foi possível à identificação de uma gama maior de agentes, conforme tabelas abaixo:

Quadro 1 - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) encontrados em estudo da USEPA.

Benzopireno	Fluoranteno
Benzoantraceno	Indeno (1,2,3) pireno
Benzo (k) fluoranteno	Naftaleno
Criseno	Pireno

Fonte: LUTES, 1994.

Quadro 2 - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) encontrados em estudo da NIOSH.

Acenafteno	Criseno
Antraceno	Dibenzo (a,h)-antraceno
Benzo (a) antraceno	Fenantreno
Benzo (a) pireno	Fluoranteno
Benzo (b) fluoranteno	Fluoreno
Benzo (e) pireno	Indo (1,2,3cd)-pireno
Benzo (g,h,i) perileno	Naftaleno
Benzo (k) fluoranteno	Pireno

Fonte: NIOSH, 2000.

2.3 TOXICOLOGIA

A Organização Mundial da Saúde (OMS), conforme seu Critério Ambiental 202, de 1998, alerta sobre o risco de contrair algum tipo de câncer devido o contato com os HAP, já que são comprovadamente cancerígenos (GUIMARÃES, 2003).

No Brasil, desde 2001, Ministério da Saúde já cita referências bibliográficas com estudos sobre as emissões de asfalto e também relaciona a atividade de pavimentação com o asfalto como de risco para a formação de diversos tipos de câncer: câncer de pulmão, câncer dos brônquios, câncer de pele e o câncer de bexiga, entre outros. Estes dados constam do Manual “Doenças Relacionadas ao Trabalho” e também da Portaria 1.339/99, na lista de doenças relacionadas ao trabalho, esses dados são disponíveis na internet, na pesquisa deve-se usar o termo betume, sinônimo de asfalto.

O benzopireno é um dos HAP que mais se destaca na toxicologia humana, o acesso ao organismo humano acontece de duas maneiras, pela inalação e pela epiderme. Quando da aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), os trabalhadores se não estiverem usando os EPI's, estão inalando e em contato com o ligante. Os agentes químicos benzoantraceno e os benzofluorantenos ambos cancerígenos, são encontrados nas emissões do asfalto.

Diante da exposição aos agentes químicos encontrados nas emissões asfálticas, diversas manifestações agudas e crônicas podem ser evidências. Dentre as agudas: irritação ocular, tosse, asma química, irritação nas mucosas do trato respiratório superior, bronquite, entre outras. Conforme estudo apresentado (NIOSH, 2000), efeitos crônicos são relatos, como: câncer na boca, faringe, pulmão, gastrointestinal, próstata e bexiga, e também leucemia.

2.4 LEGISLAÇÃO

No Brasil a Norma Regulamentadora (NR-15), que dispõe sobre as atividades e operações insalubres, em seu anexo nº 13, que versa sobre agentes químicos, traz alguns agentes considerados insalubres que foram mencionados nesse estudo. A saber:

- Item operações diversas: Benzopireno - Insalubridade de grau máximo 40% (quarenta por cento).
- Item Hidrocarbonetos e outros compostos de carbono: betume (asfalto) insalubridade de grau máximo 40% (quarenta por cento).
- Item Hidrocarbonetos e outros compostos de carbono: antraceno insalubridade de grau máximo 40% (quarenta por cento).

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

A finalidade desse estudo foi avaliar os riscos ambientais encontrados nas obras de pavimentação asfáltica, conhecendo através de observação o grau de todos os riscos ambientais, verificar se a empresa responsável pela obra obedece aos procedimentos de segurança e prevenção de acidentes e apresentar propostas de intervenção que visem à prevenção de acidentes.

A obtenção dos dados foi realizada por meio de observação visual, com apoio em registro fotográfico e um formulário “checklist” previamente elaborado e de acordo com as etapas do processo de pavimentação asfáltica, de modo a identificar os fatores causadores dos acidentes de trabalho.

Foram elaboradas tabelas demonstrativas para atividade desenvolvida na obra de pavimentação asfáltica, contendo os riscos encontrados em cada função. Abaixo os itens que compõem cada tabela:

- Tipo de risco;
- Agente causador;
- Fonte;
- Meio de propagação;
- Tempo de exposição;
- Consequências;
- Frequência;
- Categoria do risco.

Da elaboração das tabelas para cada atividade, foi realizada uma avaliação qualitativa dos riscos com base no resultado dos itens: consequência e frequência, essa avaliação qualitativa foi de acordo com a proposta de (CARDELLA, 1999), conforme tabelas presentes nos anexos A e B.

Os riscos encontrados foram categorizados conforme sua gravidade, variando entre o índice 0 (zero) para risco extremamente baixo e 9 (nove) para risco extremamente elevado, conforme (CARDELLA, 1999), consoante tabela presente no anexo C. Os riscos com índice igual ou superiores a 5 foram classificados como não toleráveis, isto é, haverá a necessidade de propor medidas de prevenção urgente.

De acordo com os riscos identificados, foram propostas algumas medidas de segurança, com o objetivo de eliminar os riscos e oferecer condições mais seguras em cada posto de trabalho.

3.2 LOCAL E PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

A observação foi realizada na cidade de Palmas – TO, em avenidas e rotatórias que compõem o plano diretor da cidade. O acompanhamento das obras de pavimentação obedeceu ao calendário de execução de obra definido pela executora, o período de observação foi de 7 (sete) dias não consecutivos, correspondente ao período de 24 de agosto a 12 de setembro de 2019.

A figura 4 apresenta imagem aérea do trecho pavimentado, situado na rotatória localizada entre o cruzamento da avenida NS-05 com a avenida LO-12.

Figura 4 - Rotatória entre as avenidas NS-05 e LO-12.



Fonte: Google Earth Pro, 2019.

A figura 5 apresenta imagem aérea do trecho pavimentado, correspondente a duplicação da avenida LO-14, trecho localizado entre as avenidas NS-02 e NS-08.

Figura 5 - Avenida LO-14 - trecho entre as avenidas NS-02 e NS-08.



Fonte: Google Earth Pro, 2019.

3.3 OBJETO DE ESTUDO

Foram observadas as atividades desenvolvidas por operadores e auxiliares de máquinas utilizadas nos processos de pavimentação asfáltica, com o intuito de averiguar os cuidados com a segurança dos trabalhadores, esses cuidados provêm da utilização de equipamentos de proteção individual e coletivo necessários para reduzir riscos e ações para aperfeiçoar as condições de trabalho em cada função.

As funções observadas foram as seguintes:

- Operador de caminhão espargidor;
- Operador de vibroacabadora;
- Auxiliar de vibroacabadora;
- Operador de rolo compactador tandem;
- Operador de rolo compactador pneumático;
- Auxiliar de rolo compactador tandem e pneumático;
- Operador de bobcat (minicarregadeira);
- Auxiliar de serviços gerais (servente).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados levantados visa demonstrar os problemas decorrentes da negligência quanto ao fornecimento e orientação sobre a importância do uso dos equipamentos de proteção individual e coletivo nas obras de pavimentação asfáltica.

4.1 AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS OBSERVADOS NAS ATIVIDADES DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, POR ORDEM DE EXECUÇÃO

4.1.1 Operador de caminhão espargidor

Nos trechos observados, a imprimação já havia sido realizada, ou seja, o CM-30 (asfalto diluído de petróleo) já estava aplicado, nesse contexto, o caminhão espargidor foi usado para a aplicação do RR-2C (emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida), esse material é utilizado como pintura de ligação entre a imprimação e CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), assim, a função do operador de caminhão espargidor é controlar o lançamento da emulsão para que ela ocorra de forma homogênea.

Por trata-se de uma emulsão asfáltica são necessários cuidados quanto a sua inalação, já que é um produto tóxico e apresenta risco químico. As figuras 6 e 7 demonstram que o operador não faz uso de respirador com filtro, sendo que para a realização desta atividade o modelo de respirador com filtro indicado é o PFF3, ou seja, esse modelo é recomendado para ambientes onde há presença de particulados altamente tóxicos e/ou de toxidez desconhecida, à inalação do vapor do ligante pode causar náuseas e dor de cabeça. Quanto aos ruídos o operador não faz uso de proteção auricular, e segundo informado pelo fabricante, o equipamento produz 87,5 dB, o que apresenta risco físico ao trabalhador.

Figura 6 - Operador de caminhão espargidor.



Fonte: Registro do autor.

Figura 7 - Operador de caminhão espargidor.



Fonte: Registro do autor.

De acordo com a proposta de (CARDELLA, 1999), a tabela 5 apresenta a categoria dos riscos na função de operador de caminhão espargidor, considerando o tempo de exposição ao risco. Os riscos com índice igual ou superiores a 5 (cinco) são classificados como não toleráveis, isto é, há necessidade de propor medidas de prevenção.

Tabela 5 - Categoria dos riscos na função de operador de caminhão espargidor.

Nº de trabalhadores: 01							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Motor do espargidor	Ondas senoidais	Intermitente	5	4	6
	Temperatura	Sol	Raios solares	Intermitente	6	4	7
Químico	Ligante betuminoso	RR-2C	Contato/ar	Intermitente	7	4	8
Acidente	Atropelamento	Veículo	Distração/ problemas mecânicos	Intermitente	7	2	5
	Queda	Veículo	execução da função	Intermitente	3	2	3

4.1.2 Operador e auxiliar de vibroacabadora

A função da vibroacabadora é receber a carregamento de massa asfáltica (CBUQ) da caçamba de abastecimento e espalhar o material através da mesa vibratória, produzindo uma superfície lisa e homogênea. O Auxiliar de vibroacabadora tem a função de controlar a temperatura da máquina, de modo a garantir a aplicação do CBUQ em torno de 160° C, além de acompanhar e verificar se a espessura do concreto betuminoso está conforme o especificado em projeto.

Conforme visto nas figuras 8 e 9, operador e auxiliar não fazem uso de respirador com filtro, sendo que para a realização desta atividade o modelo de respirador com filtro indicado é o PFF3, ou seja, esse modelo é recomendado para ambientes onde há presença de particulados altamente tóxicos e/ou de toxidez desconhecida, à inalação do vapor do betume pode causar náuseas e dor de cabeça, além de ser um composto altamente cancerígeno.

Figura 8 - Operador de vibroacabadora.



Fonte: Registro do autor.

Figura 9 - Auxiliar de vibroacabadora.



Fonte: Registro do autor.

As tabelas 6 e 7 demonstram os riscos resultantes da consequência e frequência, de acordo com a exposição. Os riscos com índice igual ou superiores a 5 (cinco) são classificados como não toleráveis, isto é, há necessidade de propor medidas de prevenção.

Tabela 6 - Categoria dos riscos na função de operador de vibroacabadora.

N° de trabalhadores: 01							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Motor da vibroacabadora	Ondas senoidais	Intermitente	5	4	6
Químico	Vapores de Hidrocarbonetos	CBUQ	ar	Intermitente	7	4	8
Acidente	Queda	Veículo	execução da função	Intermitente	4	2	3

Tabela 7 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de vibroacabadora.

N° de trabalhadores: 01							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Motor da vibroacabadora	Ondas senoidais	Intermitente	5	4	6
	Temperatura	Sol	Raios solares	Intermitente	6	4	7
Químico	Vapores de Hidrocarbonetos	CBUQ	ar	Intermitente	7	4	8
Acidente	Atropelamento	Veículo	Distração/ problemas mecânicos	Intermitente	7	2	5

4.1.3 Operador e auxiliar de rolo compactador

O rolo compactador é responsável pela compactação dos materiais utilizados no subleito, sub-base, base e agregados utilizados na capa asfáltica, no trecho observado foram utilizados dois tipos de rolos: o modelo tandem e o modelo pneumático, o rolo compactador tandem é composto por um duplo cilindro vibratório e é usado principalmente para a compactação de camadas asfálticas, já o rolo compactador de pneu é usado para selar e dar o acabamento final na camada asfáltica. O auxiliar tem a função de manter o rolo cilíndrico e os pneus limpos, já que o CBUQ tende a grudar no rolo e nos pneus, causando a diminuição na eficácia da compactação, para realizar essa limpeza é utilizado óleo diesel e o mesmo é aplicado através de bomba costal manual.

A figura 10 demonstra que em virtude de ser um veículo com cabine, o operador está protegido dos riscos químicos e de acidentes, mas, consoante informado pelo fabricante o rolo compactador tandem produz 87,7 dB, expondo o operador a riscos físicos.

Como pode ser observado na figura 11, o auxiliar de rolo compactador exerce sua função em total desacordo com a NR-06, o mesmo está sem os devidos equipamentos de proteção individual, ou seja, sem luvas, respirador com filtro e sem protetores auriculares, foi verificado que as vestimentas são próprias do trabalhador e inadequadas para a atividade, pois não atendem os itens A.2, E.1, F.3 e G.4 do anexo I da NR-06, também foi constatado que o calçado não é adequado para o desenvolvimento de atividades em altas temperaturas, portanto, o auxiliar está exposto aos riscos físicos e químicos.

Figura 10 - Operador de rolo compactador tandem.



Fonte: Registro do autor.

Figura 11 - Auxiliar de rolo compactador.



Fonte: Registro do autor.

As tabelas 8 e 9 demonstram os riscos resultantes da consequência e frequência, de acordo com a exposição. Os riscos com índice igual ou superiores a 5 (cinco) são classificados como não toleráveis, isto é, há necessidade de propor medidas de prevenção.

Tabela 8 - Categoria dos riscos na função de operador de rolo compactador.

N° de trabalhadores: 02							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Motor do rolo compactador	Ondas senoidais	Intermitente	5	4	6
	Vibração	Cilindro vibratório	Ondas	Intermitente	6	4	7

Tabela 9 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de rolo compactador.

N° de trabalhadores: 01							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Motor do rolo compactador	Ondas senoidais	Intermitente	4	4	6
	Temperatura	Sol	Raios solares	Intermitente	6	4	7
Químico	Vapores de Hidrocarbonetos	CBUQ	ar	Intermitente	7	4	8
Acidente	Atropelamento	Veículo	Distração/ problemas mecânicos	Intermitente	7	2	5

4.1.4 Auxiliar de serviços gerais (servente)

O auxiliar de serviços gerais – servente é o trabalhador que fica na pista de rolamento e é responsável por diversas atividades, dentre elas podemos destacar: limpeza do local para aplicação do concreto betuminoso e a regularização do agregado onde a vibroacabadora não conseguiu realizar o nivelamento, por serem atividades manuais, requer um grande número de trabalhadores, o que exige um plano de trabalho bem elaborado, pois, em pavimentação de rodovias haverá a sincronia de veículos de passeio, veículos pesados, maquinários necessários para realização de cada etapa e serventes circulando nas vias, por isso, a sinalização é fundamental nas obras de pavimentação asfáltica, pois garante a segurança dos trabalhadores na via e condiciona de forma ordenada o tráfego de veículos no trecho em questão.

O uso dos EPI's é imprescindível para garantir a segurança dos trabalhadores, Conforme figura 12, pode ser observado que os serventes exerciam suas funções de forma improvisada, usando camisa ou retalhos de panos como máscara, diversos trabalhadores usavam camisas manga curta e sem faixa refletiva, o calçado fornecido é considerado inadequado para este tipo de atividade, visto que não é resistente a altas temperaturas, nenhum trabalhador foi visto usando proteção auricular, sabendo que alguns maquinários produzem pressão sonora acima do permitido. Também foi detectado trânsito de veículos de passeio durante a realização das obras, consoante apresentado na figura 13, perante todos esses fatos, os trabalhadores dessa função estão expostos a riscos físicos, químicos e de acidentes.

Figura 12 - Auxiliares de serviços gerais.



Fonte: Registro do autor.

Figura 13 - Tráfego de veículos no trecho.



Fonte: Registro do autor.

A tabela 10 apresenta a categoria dos riscos na função de auxiliar de serviços gerais, considerando o tempo de exposição ao risco. Os riscos com índice igual ou superiores a 5 (cinco) são classificados como não toleráveis, isto é, há necessidade de propor medidas de prevenção.

Tabela 10 - Categoria dos riscos na função de auxiliar de serviços gerais.

N° de trabalhadores: 14							
Risco	Agente	Fonte geradora	Meio de propagação	Tempo de exposição	Consequência	Frequência	Categoria do risco
Físico	Pressão sonora	Máquinas	Ondas senoidais	Contínuo	5	4	6
	Temperatura	Sol	Raios solares	Intermitente	6	4	7
Químico	Emulsões asfálticas	CBUQ/RR-2C	Ar/Contato	Intermitente	7	4	8
Acidente	Atropelamento	Veículo	Distração/ problemas mecânicos	Intermitente	7	2	5

4.2 PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA E PREVENÇÃO DE ACIDENTES

O uso dos EPI's é imprescindível para garantir a segurança dos trabalhadores, o técnico em segurança do trabalho é responsável por distribuir, controlar e orientar os funcionários sobre o correto uso dos equipamentos e a importância que cada um tem no ambiente de trabalho. Foi observado que nos 7 (sete) dias de acompanhamento o técnico esteve presente apenas uma vez, deixando os trabalhadores a mercê das orientações obrigatórias e da troca dos EPI's desgastados, ato inadmissível perante a complexidade do tipo de serviço.

Após a conclusão da observação das atividades foi constatado que dentre os EPI's fornecidos pela executora aos trabalhadores, apenas as luvas atendiam a NR-06, desse modo, os trabalhadores exerciam suas funções desprovidos de itens fundamentais a sua segurança, gerando um ambiente inseguro e propenso a diversos riscos ambientais.

Abaixo, a relação dos EPI'S inadequados:

- Uso de Botina de couro com biqueira de aço, produto inadequado para este tipo de atividade, sendo o produto adequado é a botina em vaqueta com bico PVC e solado nitrílico resistente a temperatura de até 300 °C;
- Retalhos de panos ou camisa improvisada como máscara, quando o produto correto é o respirador com filtro, o modelo de respirador com

filtro indicado é o PFF3, ou seja, esse modelo é recomendado para ambientes onde há presença de particulados altamente tóxicos e/ou de toxidez desconhecida;

- Uniforme despadronizado, diante da observação foi verificado que diversos trabalhadores usavam camisetas e que as mesmas não possuíam faixa refletiva, chapéus e calças próprias do trabalhador, discordando dos itens A.2 e G.4 do anexo I da NR-06;
- Diversos trabalhadores não usavam luvas, contrariando o item F1 do anexo I da NR-06.

Relação de EPI's não fornecido e fornecido em quantidade insuficiente:

- Protetores auriculares, de acordo com o fabricante o rolo compactador tandem produz 87,7 dB, nível acima do permitido pela norma, portanto considerado como risco físico;
- Luvas, a distribuição ocorreu apenas no primeiro dia de observação, ato preocupante, pois de acordo com o item F1 do anexo I da NR-06 é necessário o uso de luvas para proteção das mãos contra agentes químicos.

4.3 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

As intervenções estão descritas de acordo com os riscos identificados e baseiam-se no princípio da mudança comportamental e em medidas administrativas, tais como: ficha de controle e distribuição de EPI, ficha de ordem de serviço e realização de treinamentos com intuito de reduzir/eliminar os riscos no ambiente e oferecer condições melhores em cada função desenvolvida.

4.3.1 Equipamentos de proteção individual e Equipamento de proteção coletivo

É imprescindível que no ambiente de trabalho haja a conscientização da importância dos equipamentos de segurança, o uso adequado dos mesmos, nesse contexto, é fundamental a presença do técnico em segurança do trabalho fazendo o controle do material, realizando a distribuição dos EPI's e ministrando palestras e treinamento informando como usar os equipamentos e a importância que cada EPI tem no quesito de garantir o bem estar de cada trabalhador.

Outra medida que deverá ser implantada é a utilização do EPC - equipamento de proteção coletiva, nesse caso a sinalização vertical, pois, como foi citado anteriormente, foi detectado o trânsito de veículos particulares em meio às máquinas e aos trabalhadores, o EPC contribuir para a garantia de que será resguardada a integridade física dos trabalhadores. A sinalização vertical tem a função de alertar com a máxima antecedência que no trecho a diante estão sendo realizadas obras, também tem o poder de ordenar o tráfego evitando à circulação simultânea de veículos, maquinários e trabalhadores, além de informa a velocidade máxima permitida para o trecho. Nas obras de pavimentação asfáltica a sinalização é realizada através de placas e cones.

A figura 14 demonstra a correta utilização do EPC no trecho em obra, interditando o trecho onde existia a circulação de máquinas e trabalhadores, garantindo a integridade física dos trabalhadores em relação ao risco de atropelamento.

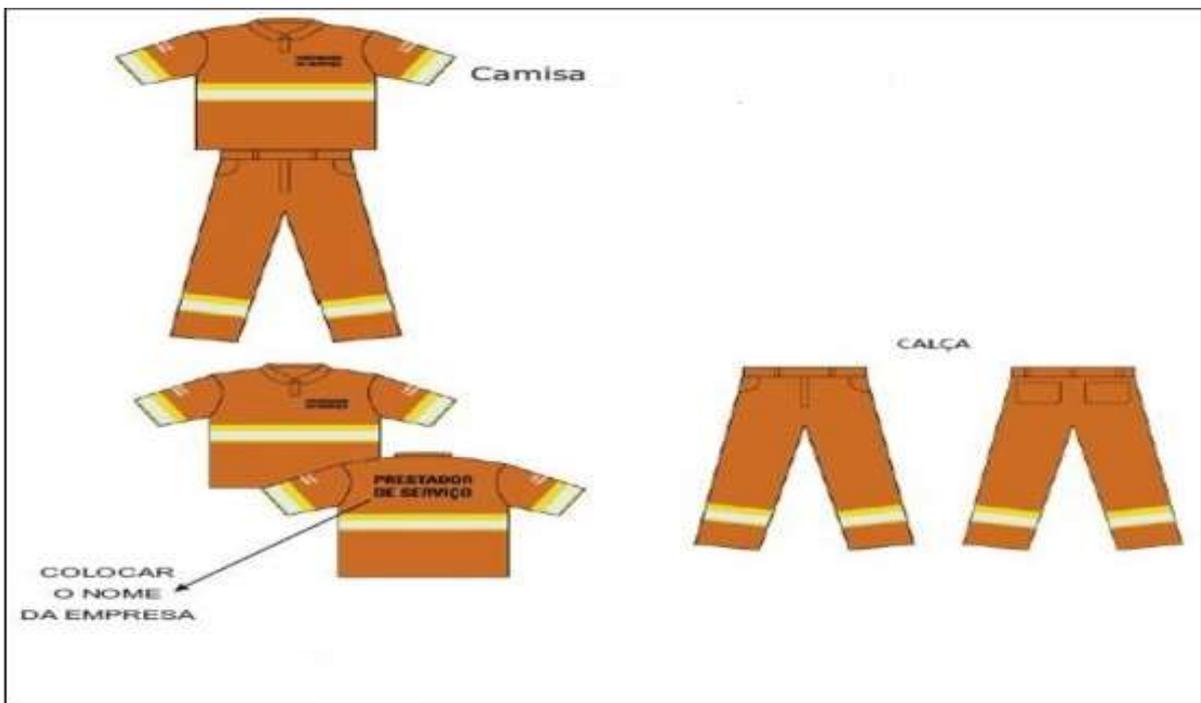
A figura 15 apresenta um modelo de uniforme que está de acordo com a ABNT NBR 15292:2013, pois a vestimenta atende aos critérios de segurança e de alta visibilidade, já que possui listas refletivas com alto poder de luminosidade, capaz de ser visualizado por operadores de veículos e maquinários durante o dia e sob iluminação de faróis a noite.

Figura 14 - Interdição do tráfego de veículos no trecho em pavimentação.



Fonte: Registro do autor.

Figura 15 - Ilustração de modelo de uniforme que atende a ABNT NBR 15292:2013.



Fonte: Manual de sinalização de obras e serviços – Rodovia BR-040.

4.3.2 Ficha de distribuição dos equipamentos de proteção individual

Conforme evidenciado na observação, vários trabalhadores não faziam o uso do EPI, a NR-06 no item 6.6.1 cita as responsabilidades do empregador quanto ao EPI, dentre elas podemos destacar:

- Exigir seu uso;
- Orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- Substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- Registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

Como foi evidenciado que havia trabalhadores expostos a riscos ambientais por não utilizarem os EPI's, faz-se necessários em caráter de urgência à implantação de um modelo de ficha de registro contendo a distribuição dos equipamentos, também é necessário que antes do inícios das atividades, o técnico em segurança do trabalho e/ou engenheiro de segurança do trabalho esteja presente no local de trabalho, monitorando cada trabalhador quanto ao uso do EPI.

5 CONCLUSÃO

O acompanhamento das obras de pavimentação asfáltica serviu para mostrar o quanto ainda há que melhorar no quesito segurança do trabalho nas obras de pavimentação asfáltica, conforme mencionado, a exposição às emissões de asfalto ocorre tanto por vapores e gases, como por particulados. Há estudos que comprovam que os compostos químicos presentes nas emulsões asfálticas conseguem-se diluir na região dos alvéolos pulmonares e movimentam-se para a circulação sanguínea.

O Ministério da Saúde baseado em estudo sobre as emissões de asfalto relaciona o surgimento de variados tipos de câncer às atividades de pavimentação asfáltica, os tipos de câncer mais comuns são: câncer de pulmão, câncer de pele, câncer de bexiga e câncer dos brônquios, Por causa da exposição aos agentes químicos do betume diversas manifestações agudas podem ser percebidas, tais como, tosse, irritação ocular, irritação nas mucosas respiratórias, bronquite, entre outras.

Foram identificadas funções que se encontram mais expostas às emissões asfálticas, por isso, necessitam de maior atenção e acompanhamento por parte da executora da obra. Todos os equipamentos de proteção individual são de suma importância, mas, perante a observação das atividades realizadas pelos trabalhadores é preciso dar atenção especial à proteção respiratória, pois, foi constatado que nenhum trabalhador fazia o uso deste EPI. Caberá à executora adquirir e distribuir aos trabalhadores o equipamento, além de instigar o trabalhador a fazer o correto uso, deverá também ser introduzido um programa que faça a monitoração, treinamento e que esclareça aos funcionários a importância da proteção respiratória na execução das tarefas.

Foi verificado também que não há padrão nos vestuários dos trabalhadores, ou seja, não existe um modelo específico de uniforme, nas funções observadas foi possível visualizar trabalhadores usando camisa, ato inaceitável, pois os funcionários pode contrair câncer de pele através da exposição aos agentes químicos do betume.

A radiação solar também é um fator preocupante, pois também contribui para o desenvolvimento desta doença, e a associação da exposição aos raios solares com a exposição aos agentes químicos das emulsões asfálticas aumenta o risco de

um trabalhador desenvolver câncer. O modelo de uniforme a ser implantado deverá proteger o usuário dos riscos ambientais presentes no canteiro de obras, ou seja, dever estar de acordo com os itens A.2, E.1, F.3 e G.4 do anexo I da Norma Regulamentadora 06.

Deve ser reformulado o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), juntamente com o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), diante do fato dos agentes químicos encontrados nas emissões asfálticas não serem reconhecidos pelo Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) de grande parte das empresas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6576**: Materiais asfálticos: Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 4124**: *standard test methods for separation of asphalt into four fractions*. USA, 2001.

BERNUCCI, L.B. (et al.) **Pavimentação asfáltica formação básica para engenheiros**. 3ª. Reimpressão. Rio de Janeiro: ABEDA, 2010.

CARDELLA, B. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes**. São Paulo: Editora Atlas S.A. 1999.

CRONEY, D. *The design and performance of road pavements*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1977.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRURA DE TRANSPORTES (DNIT). ES 031: **Pavimentos Flexíveis**: concreto asfáltico. Rio de Janeiro, 2004.

DOENÇAS RELACIONADAS AO TRABALHO, **Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde**, Série A. Normas e Manuais Técnicos; n. 114, Brasília, 2001.

FREITAS GUIMARÃES, João Roberto Penna de. **Apostila de Riscos Químicos**. Santos: SENAC, 2003.

GOES, Roberto Charles. **Toxicologia Industrial**: um guia prático para prevenção e primeiros socorros. Rio de Janeiro: Revinter, 1997, 250 p.

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

IA – INSTITUTO DO ASFALTO. **Manual de asfalto**. Rio de Janeiro: IA, 2001.

LEITE, L.F.M. **Estudos de preparo e caracterização de asfaltos modificados por polímeros**. 1999. 266 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) – Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

LEITE, L.F.M. **Notas de aula do Curso de Pavimentação Urbana**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2003.

LEITE, L.; SILVA, P.; EDEL, G.; MOTTA, L.; NASCIMENTO, L. *Asphalt rubber in Brazil: pavement performance and laboratory study*. In: ASPHALT RUBBER, 2003, Brasília.

LUTES, C.C. et al., *Evaluation of Emissions from Paving Asphalts*. New York: US EPA/600/SR-94/135, Novembro, 1994.

NORMA REGULAMENTADORA. **NR16**: Atividade e Operações Insalubres. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>. Acesso em: 11 out. 2018.

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

PINTO, S. **Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimentos**. 1991. 478 f. Tese (Doutorado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

PIZZORNO, B.S., **Efeito do solvente e da temperatura na morfologia superficial do cimento asfáltico de petróleo**, Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia, COPPE-UFRJ, 2010.

PREGO, A.S.S. **A memória da pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro: ABPv, 1999.

SHELL. *The Shell bitumen handbook*. 5. ed. Cambridge, 2003.

World Health Organization. *Selected Non-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 202, Geneva: 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CHECKLIST DE OBSERVAÇÃO “IN LOCO”

CHECKLIST DE OBSERVAÇÃO “IN LOCO”

TRECHO:	
CIDADE:	
DATA:	
FUNÇÃO:	
QUANTIDADE:	

RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

CALÇADO	
PROTETOR AURICULAR	
RESPIRADOR PFF3 COM FILTRO	
VESTIMENTA	
LUVAS	

LEGENDA:

I – INADEQUADO

N – NÃO

S – SIM

OBSERVAÇÕES:

ANEXOS

ANEXO A - CATEGORIAS DE CONSEQUÊNCIA DOS RISCOS

CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIA	QUALITATIVA	CARACTERÍSTICA
0	Desprezível	Incômodos passageiros.
1	Muito leve	Lesões de recuperação muito rápida.
2	Leve	Lesões que provocam sofrimentos passageiros e não levam a incapacidade para o trabalho ou atividades normais do cotidiano.
3	Média baixa	Lesões que não resultam em danos permanentes, mas provocam sofrimentos e incapacidade temporária por período menor que uma semana.
4	Média	Lesões que não resultam em danos permanentes, mas provocam sofrimentos consideráveis e incapacidade temporária por período maior que uma semana.
5	Média alta	Lesões que resultam em perdas permanentes de funções, mas não afetam de forma acentuada as funções essenciais a uma vida normal.
6	Grave	Lesões que incapacitam para o trabalho ou outras atividades.
7	Muito grave	Uma morte.
8	Extremamente grave	Algumas mortes.
9	Catastrófica	Grande número de mortes.

Fonte: CARDELLA, 1999.

ANEXO B - CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA DOS RISCOS

CATEGORIA DE FREQUÊNCIA	QUALITATIVA	CARACTERIZAÇÃO
0	Extremamente baixa	Possível teoricamente, mas altamente improvável. Não se espera que venha a ocorrer em qualquer situação.
1	Muito Baixa	Não se espera que venha a ocorrer. Pode ocorrer em situações muito especiais. Ações de redução tornariam inviável a atividade.
2	Baixa	Espera-se que possa ocorrer raramente no exercício da atividade ou na vida útil da instalação.
3	Média	Espera-se que venha a ocorrer com relativa facilidade no exercício normal da atividade.
4	Alta	Espera-se que venha a ocorrer com muita facilidade no exercício normal da atividade.

Fonte: CARDELLA, 1999.

ANEXO C – CLASSIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DOS RISCOS.

Riscos resultantes de frequências e consequências.

CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA	CATEGORIAS DE CONSEQUÊNCIA									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	CATEGORIAS DE RISCO									
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3
2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5
3	2	3	4	5	5	5	6	7	8	8
4	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9

Fonte: CARDELLA, 1999.

Arquivo de entrada: [2019-2 TCC2 ROGER HUGO SANTOS AZEVÊDO.docx](#) (7539 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
docplayer.com.br/	Visualizar	9535	36	0,21
cdc.gov/niosh/docs/2...	Visualizar	549	8	0,09
scielo.br/	Visualizar	371	2	0,02
pt.slideshare.net/	Visualizar	873	2	0,02
climatempo.com.br/	Visualizar	729	1	0,01
qconcursos.com/	Visualizar	776	1	0,01
linguee.com.br/	Visualizar	383	0	0
context.reverso.net/	Visualizar	239	0	0
brainly.com.br/	Visualizar	365	0	0
passeidireto.com/	Visualizar	170	0	0