

**UNIVERSIDADE DO CONTESTADO - UnC
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO 'LATO SENSU'
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO "LATO SENSU" EM
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO – Turma V**

ANA PAULA KOSERSKI

**ANÁLISE DA EXISTÊNCIA DE RUÍDO-NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS
CONSEQUÊNCIAS AOS TRABALHADORES**

**CONCÓRDIA
2015**

ANA PAULA KOSERSKI

**ANÁLISE DA EXISTÊNCIA DE RUÍDO-NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS
CONSEQUÊNCIAS AOS TRABALHADORES**

Monografia apresentada como requisito para a conclusão do curso de Pós-graduação "Lato Sensu" em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Contestado, Campus Concórdia, sob orientação do(a) Prof.(a) Msc. Artur Carlos da Silva Moreira.

**CONCÓRDIA
2015**

**UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UnC
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU” EM
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO – Turma V**

AVALIAÇÃO DE MONOGRAFIA

ANA PAULA KOSERSKI

**ANÁLISE DA EXISTÊNCIA DE RUÍDO-NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS
CONSEQUÊNCIAS AOS TRABALHADORES**

() Nota

Concórdia (SC),21 de fevereiro de 2015.

ARTUR CARLOS DA SILVA MOREIRA

Professor Orientador

Dedicatória

"A diferença entre o impossível e o possível reside na determinação da pessoa."

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por mais uma vez abençoar meu caminho e me proporcionar com muita luta a realização desta nova etapa da minha vida.

Agradeço a toda minha família, em especial aos meus pais Darci e Ivaniria que me proporcionaram esta conquista, me incentivaram nas minhas dificuldades e me ofereceram um grande apoio para concluir esta etapa da minha vida.

Aos meus amigos, que sempre estiveram torcendo por mim e dando ânimo nas horas difíceis.

Ao meu orientador Artur Carlos da Silva Moreira pela paciência, pelos ensinamentos e pelo incentivo.

À equipe Exata, por entenderem todas as vezes que tive que me ausentar da empresa para comparecer as aulas.

O meu muito obrigado a todos que fizeram parte destes dois anos e que sempre torceram por mim.

ABREVIATURAS

CLT - Consolidação das Leis Trabalhistas

dB – Decibel

D - Dose

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

NE – Nível de Exposição

NR- Norma Regulamentadora

NIS- Nível de Intensidade Sonora

NPS – Nível de Exposição Equivalente

Neq – Nível de Exposição Equivalente

NHO-01 – Norma de Higiene Ocupacional número 01

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADROS

Quadro 1: Nível de Ruído Recomendado.....	25
Quadro 2: Caracterização do Ruído.....	29
Quadro 3: Espectro de Frequência de Ruído.....	29

FIGURAS

Figura 1: Anatomia da Orelha	20
Figura 2: Orelha externa direita.....	21
Figura 3: Cadeia de ossículos da audição em conexão com orelha direita. Lado esquerdo	23
Figura 4: Dissecção do labirinto ósseo, canais semi circulares e coclear abertos	24
Figura 5: Betoneira.....	47
Figura 6: Serra Circular	50
Figura 7: Bate Estacas	53

TABELAS

Tabela 1: Limites toleráveis a ruídos em diversos tipos de atividades	26
Tabela 2: Incremento de duplicação de dose em 05.....	31
Tabela 3: Incremento de duplicação de dose 03.....	32
Tabela 4: Critério de julgamento e tomada de decisão	34
Tabela 5: Valores das coletas das Betoneiras	49
Tabela 6: Valores coletados para serras circulares.....	52
Tabela 7: Valores referente a bate estacas.....	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral.....	
1.1.2 Objetivos específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 PANORAMA ATUAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
2.2 SEGURANÇA E ACIDENTES NO TRABALHO	16
2.3 ASPECTOS DE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E SEGURANÇA E SAÚDE NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.4 CONCEITO DE RUÍDO	18
2.5 Anatomia da Audição	19
2.5.1 Orelha externa.....	20
2.5.2 Orelha média	21
2.5.3 Orelha interna.....	23
2.5.4 Fisiologia da audição humana	24
2.6 CAUSAS DO RUÍDO NO SER HUMANO	25
2.6.1 Intensidade Sonora.....	27
2.6.2 Pressão Sonora e Nível de Pressão Sonora (NPS).....	27
2.6.3 Dose de Exposição ao Ruído Ocupacional.....	27
2.6.4 Nível de Exposição	28
2.6.5 Nível de Ação	28
2.6.6 Caracterização do Ruído	29
2.6.7 Espectro de Frequências de Ruídos.....	29
2.6.8 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	30
2.6.8.1 Ruído Contínuo ou Intermitente	30
2.6.8.2 Ruído de Impacto	35
2.6.8.3 Ruído Contínuo ou Intermitente simultâneo com Ruído de Impacto ..	35
2.6.9 Avaliações	36
2.6.10 Relatório	38
2.7 Controle De Ruído.....	38

2.7.1	Medidas Técnicas.....	38
2.7.2	Controle de Ruído na Fonte.....	38
2.7.3	Controle da Propagação.....	39
2.7.4	Controle no Trabalhador.....	39
2.8	NORMATIZAÇÕES EM SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NAS ATIVIDADES RUÍDOSAS	39
2.8.1	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.....	39
2.8.2	Norma Regulamentadora NR 15	40
2.8.3	Norma regulamentadora NR 18.....	40
2.8.3.1	Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção – PCMAT	41
2.9	MEDIDAS DE PROTEÇÃO	41
2.9.2	Equipamento de Proteção Individual – EPI’s	42
2.9.2.1	Tipos de Protetor Auditivo/higienização	43
2.9.2.2	Tipo Moldável.....	43
2.9.2.3	Pré-moldado.....	44
2.9.2.4	Protetores tipo concha.....	44
2.9.2.5	Especiais.....	44
3.	METODOLOGIA	45
4.	RESULTADOS	47
4.1	BETONEIRAS	47
4.2	SERRAS CIRCULARES	49
4.3	BATE-ESTACAS.....	53
5.	CONCLUSÃO	57
	REFERENCIAS	59
	APENDICES	62
	ANEXOS.....	63

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais antigos e que mais crescem no Brasil, não só pelos recursos financeiros que agregam, mais principalmente pela geração de empregos que envolvem. Grandes obras são construídas, a arquitetura e os projetos estão cada vez mais modernos e elaborados, mas, embora o número de acidentes nesse setor esteja diminuindo, graças aos esforços dos empregadores e do governo para elaborar normas e leis que visem o bem estar, a segurança e a saúde dos trabalhadores, o número de mortes, acidentes de trabalho e doenças ocupacionais ainda são bastante expressivos.

Os acidentes de trabalho têm sido frequentemente associados a padrões negligentes que oferecem condições de trabalho inseguras e a empregados displicentes que cometem atos inseguros. No entanto, sabe-se que as causas dos acidentes de trabalho, normalmente, não correspondem a essa associação, mas sim às condições ambientais a que estão expostos os trabalhadores e ao seu aspecto psicológico, envolvendo fatores humanos, econômicos e sociais. (MEDEIROS, José e Rodrigues, Celso 2011).

As condições reais dos canteiros de obra já se configuram como riscos. Estes riscos são agravados pelas variações nos métodos de trabalho realizados pelos operários, em função de situações não previstas, mas que, na realidade, é uma constante no trabalho, pois, não existem procedimentos de execução formalizados na maioria das empresas. O que existem, no máximo, são instruções verbais.

Um aspecto, desta vez de ordem da própria política de segurança, e também presente nos canteiros de obra, é o mau emprego dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI). O EPI, de acordo com a legislação, “é todo dispositivo de uso individual, de fabricação nacional ou estrangeira, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador”. O mau uso dos equipamentos de segurança faz com que os trabalhadores venham no decorrer do tempo apresentar doenças.

O ruído é um dos principais fatores presentes na indústria da construção e será avaliado neste trabalho, buscando o melhor desenvolvimento das atividades aos trabalhadores sem comprometer a sua saúde e bem estar. As condições de

trabalho da construção civil possibilitam situações de risco e dentre os vários problemas do setor tem-se os altos níveis de ruídos dentro dos canteiros de obras.

Esse setor da economia é considerado um dos mais perigosos em todo o mundo, liderando as taxas de acidentes de trabalho. O trabalho é desenvolvido sob a influência de agentes ambientais e grande número de acidentes está relacionado às más condições de segurança dos canteiros de obra, a falta ou uso inadequado de equipamentos de proteção individual (EPIs), a falta de treinamento, a pouca instrução dos trabalhadores e também pelo próprio ritmo desgastante do trabalho. As razões apontadas para a ocorrência dos problemas de saúde são o grande número de riscos ocupacionais envolvidos, como o trabalho em grandes alturas, o manejo de máquinas, equipamentos e ferramentas, instalações elétricas, uso de veículos automotores, questões ergonômicas, além de estresse devido à transitoriedade e a alta rotatividade de funcionários.

Os trabalhadores da Construção Civil, na maioria das atividades, não encontram proteção adequada à sua saúde e integridade física e dentre os principais problemas relatados no setor aparecem os efeitos causados pelo ruído excessivo dos equipamentos que rotineiramente são utilizados nos canteiros de obra. Pode-se citar a perda auditiva, dificuldade na comunicação, estresse, falta de concentração e até mesmo desordens físicas e psíquicas. E os danos causados não são adequadamente avaliados e existem razões econômicas sociais e técnicas que dificultam esta avaliação nesse setor da economia (MAIA, 2001).

Dentre as justificativas para a realização desse trabalho pode-se citar a irreversibilidade das perdas auditivas geradas pelo ruído, os efeitos dessa doença ocupacional sobre a qualidade de vida dos funcionários e os efeitos sobre a sociedade, responsável por arcar com o ônus de aposentadorias precoces e indevidas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar, através de pesquisa bibliográfica, as medidas de segurança necessárias à redução, neutralização ou eliminação do ruído na construção civil .

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar as normas e legislações que regem os níveis de exposição de ruídos na construção civil;
- Descrever os EPC's e EPI's necessários para proteção dos trabalhadores, na realização das atividades ruidosas.
- Identificar as principais doenças que o ruído causa aos trabalhadores da construção civil;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 PANORAMA ATUAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil apresenta várias peculiaridades que refletem uma estrutura dinâmica, complexa e com alto grau de risco inerente as atividades desenvolvidas. Considerada como fonte de empregos diretos e indiretos e como consumidora de produtos intermediários e finais originados de outros setores da economia (ANDRADE, 2004).

Uma de suas principais características é a descentralização das atividades produtivas devido ao caráter nômade, em que os produtos gerados pelas empresas são únicos, o que leva à execução de projetos singulares, com especificidades técnicas diferenciadas para cada empreendimento a ser realizado. Outra característica é a descontinuidade das atividades produtivas. Há uma intensa fragmentação da produção em etapas e fases predominantemente sucessivas que se faz presente em todos os seus subsetores e contrasta com os processos contínuos da indústria de transformação (DAHMER 2004).

Segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000), realizado em seis regiões metropolitanas do Brasil, o setor da construção civil absorve 6,8% da mão-de-obra nacional. O operário é valorizado pela experiência adquirida em sua trajetória no mercado de trabalho. Grande parte dos trabalhadores possui reduzida qualificação profissional contribuindo assim para disseminar baixos padrões de remuneração salarial considerando os diversos ramos da indústria. Os trabalhadores frequentemente se submetem a realização de horas extras ou a adoção do regime de tarefas. Quanto à importância social do setor, deve-se à grande absorção da mão-de-obra e ao desenvolvimento econômico que proporciona ao país por meio de obras de infra-estrutura. Assim, contribui de forma significativa para a diminuição do índice de desemprego no país (DAHMER 2004).

A construção civil é considerada como “pulmão da economia,” pois é um dos setores mais sensíveis às mudanças econômicas. Sua participação decresce nos períodos recessivos e seu crescimento é maior que a média do país em épocas de expansão (IPEA, IBGE e FGVConsult,2005).

Embora os indicadores apontem vantagens em geral, as condições de trabalho na construção civil são preocupantes. Apresenta um grande número de acidentes e o trabalho geralmente é desenvolvido sob a influência de agentes físicos como: calor, vibrações, ruídos, radiações, assim como de agentes químicos. Os efeitos desses agentes acarretam em várias doenças profissionais e uma delas é a deficiência auditiva, em diferentes níveis, adquirida por operários em virtude da exposição ao ruído nos canteiros de obras. A Indústria da Construção Civil é uma atividade econômica que envolve tradicionais estruturas sociais, culturais e políticas. É nacionalmente caracterizada por apresentar um elevado índice de acidentes de trabalho, e está em segundo lugar na frequência de acidentes registrados em todo o país. Esse perfil pode ser traduzido como gerador de inúmeras perdas de recursos humanos e financeiros no setor. (ANDRADE, 2004).

2.2 SEGURANÇA E ACIDENTES NO TRABALHO

Segurança do trabalho é um conjunto de medidas adotadas através de uma metodologia e de técnicas apropriadas, visando minimizar os acidentes de trabalho, prevenindo a ocorrência desses acidentes como também as doenças ocupacionais, com o objetivo de proteger a integridade e a capacidade do trabalho (Assunção;Plech;Carvalho,2012).

Segundo Benite (2004) “Segurança e saúde do trabalho é o estado de estar livre de riscos inaceitáveis de danos no meio ambiente de trabalho, garantindo o bem estar físico, mental e social dos trabalhadores”

No que diz respeito a acidente de trabalho (BRASIL,1991):

Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou pelo exercício do trabalho do segurado especial, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, de caráter temporário ou permanente.

Em relação aos acidentes de trabalho na construção civil, Lima Júnior , López-Valcárcel e Dias (2005) os classificam como típico, trajeto e doenças ocupacionais. Os acidentes típicos são aqueles que ocorrem durante o exercício do trabalho ou decorrem da extensão do conceito existente na Lei 8.213/91. Os

acidentes de trajeto são aqueles que ocorrem durante o percurso do trabalho a residência do operário. Já em doenças do trabalho se incluem também doenças profissionais.

2.3 ASPECTOS DE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E SEGURANÇA E SAÚDE NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

As condições reais dos canteiros de obra já se configuram como riscos. Estes riscos são agravados pelas variações nos métodos de trabalho realizados pelos operários, em função de situações não previstas, mas que, na realidade, são uma constante no trabalho, pois, não existem procedimentos de execução formalizados na maioria das empresas. O que existem, no máximo, são instruções verbais (MESQUITA, 1998).

Para MESQUITA (1998) muitas vezes os próprios trabalhadores fazem a regulação desses procedimentos, por ações informais ou não usuais, o que põe em dúvida a confiabilidade do sistema, resultando em riscos de acidentes. A confiabilidade técnica, a organização do trabalho e a qualificação da mão-de-obra também devem ser aspectos considerados.

Um trabalhador instruído tem muito mais facilidade de captar as informações concedidas em um treinamento, inclusive aquelas que se destinam ao esclarecimento das normas de segurança do trabalho. Este trabalhador não estará sujeito a acidentes de trabalho tão facilmente quanto aquele que é carente de tal recurso. Um dos fatores que influencia ainda esta questão é a alta rotatividade do setor (LIDA, 2005).

Também é importante salientar a existência de sistemas de pagamento diversificados na maioria dos canteiros. Em alguns destes, os parâmetros de produtividade são baseados muitas vezes apenas no trabalho dos funcionários mais rápidos e experientes. Tal fato pode gerar prejuízos à segurança dos trabalhadores, uma vez que os operários – principalmente os mais inexperientes - ao executarem suas tarefas com mais rapidez, e, assim, com maior desgaste de sua força de trabalho, podem desempenhar condutas equivocadas que permitam à ocorrência de acidentes (LIDA, 2005).

Deve-se considerar ainda que esses tipos de pagamento são previstos na Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), mas com limitações no sentido de impedir qualquer tipo de discriminação de ordem salarial.

Apesar de ser a última medida de segurança à ser tomada, e de existir uma Norma Regulamentadora exclusiva para a sua regulamentação - a NR 6 - muitas empresas não fornecem com frequência os EPI's aos empregados e não orientam quanto ao seu uso, principalmente devido as falhas de comunicação. Por isso explica-se o fato do EPI ser usado de forma inadequada, insuficiente ou ineficaz, o que pode causar segundo alguns relatos de operários, reações adversas ou incômodos (Mesquita, 1998).

2.4 CONCEITO DE RUÍDO

Ruído é qualquer som que cause ou possa vir a causar perturbações ao sossego público ou que produza efeitos psicológicos e ou fisiológicos negativos em seres humanos ou animais. Está associado a um som desagradável e indesejável (Gerges,1992).

Para Breviglierio et al. (2006), o ruído ou o som são fenômenos físicos vibratórios, que possuem características indefinidas com variação de pressão, em função da frequência. Para cada faixa de frequência (Hz) podem existir variados níveis de pressão sonora, que variam através do tempo, de forma aleatória.

Estas variações produzem ondas que são emitidas de forma circular para longe da fonte de originária do som. Sucessivas exposições a elevados níveis de ruído podem resultar em perda auditiva, assim como causar outros efeitos danosos ao indivíduo exposto, sendo que a gravidade do dano depende primeiramente da intensidade do ruído e do tempo de exposição ao mesmo (OSHA, 2002).

Os efeitos não auditivos resultantes da exposição sucessiva ao ruído elevado ainda não estão bem definidos. No entanto sabe-se que os efeitos suspeitos podem variar bastante. Essa grande variação de efeitos tem conduzido pesquisadores a acreditar que o ruído possui capacidade de afetar o corpo humano como um todo (CCOHS, 2010).

Para Lida (2005), a percepção do nível de ruído está ligada a recepção e reconhecimento de uma informação e comparando-a depois com outra informação anteriormente armazenada na memória. Assim a percepção depende também de experiências anteriores e de outros fatores individuais como personalidade, nível de atenção e expectativa dos indivíduos.

A unidade de medida física do som é o micropascal (μPa). O som ou pressão sonora mais fraca, porém ainda perceptível, é em torno de $20 \mu\text{Pa}$, no entanto, o ouvido humano pode tolerar pressões sonoras bem maiores. Então para acomodar uma faixa grande em uma escala prática, foi introduzida uma unidade logarítmica chamada decibel (dB) (GRANDJEAN, 1998).

Para Lida (2005), fisicamente, o ruído é uma mistura de vibrações, medidas em uma escala logarítmica, em uma relação de unidades chamada bel (B). Nas avaliações de ruído comumente é utilizado o decibel (dB). Acima do limiar da percepção dolorosa podem-se produzir danos ao aparelho auditivo. A seguir serão apresentadas definições importantes para melhor compreensão da referida temática no estudo em questão.

Nas últimas décadas, os ruídos transformaram-se em uma das formas de poluição que afeta inúmeros trabalhadores, trazendo a ele consequências maléficas que alteram seu comportamento, agem diretamente na saúde psicológica e fisiológica do homem. O ruído tem por definição um barulho, som ou poluição sonora não desejável e desagradável que causam muitos incômodos e até mesmo neuroses agudas. Sendo assim, os ruídos afetam, de forma direta ou indireta. Embora a doença ocupacional por ruído seja um problema de alta prevalência nos países industrializados, incluindo-se o Brasil, os estudos sobre a sua história natural são escassos. Tanto nos Estados Unidos como na Europa, estes trabalhos receberam grande incentivo devido ao alto custo social e econômico que passaram a acarretar às indústrias devidas aos constantes processos judiciais e indenizatórios (ALMEIDA, 2000 apud WICTOR, lida 2013).

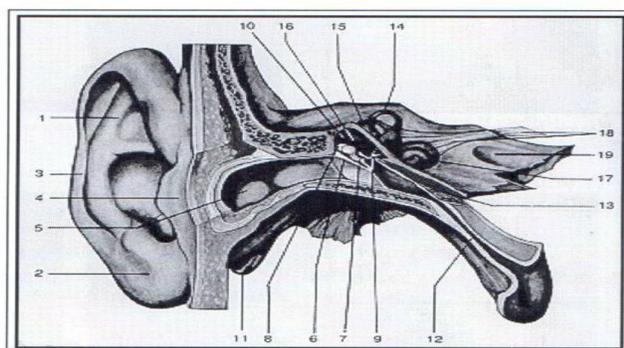
2.5 ANATOMIA DA AUDIÇÃO

A orelha humana é o mais sofisticado sensor de som. Devido a deterioração do sistema auditório por exposição prolongada ao ruído, é necessário

que se tenha conhecimento sobre o funcionamento e o comportamento do sistema auditório. Também é importante conhecer os efeitos de ruídos no corpo humano.

A audição é uma sensação fundamental à vida, pois é a base da comunicação humana. A orelha está localizada na extremidade do osso temporal e é o órgão responsável pela audição.

A orelha se divide em orelha externa, média e interna (figura 01). Dessas partes a mais importante é a orelha interna, pois sua porção anterior, a cóclea, abriga o órgão de Corti, que é onde a energia mecânica é transformada em impulso elétrico (SANTOS, 1996).



Fonte: Roheh e Yokochi(1989)
Figura 1: Anatomia da Orelha

2.5.1 Orelha externa

É formado pelo pavilhão que tem a forma afunilada para coletar e transmitir as ondas sonoras e pelo conduto auditivo externo sua finalidade é dirigir a onda sonora para o meato interno (figura 02). As principais funções desse meato auditivo são proteção e ressonância sonora (GERGES, 1992).



Fonte: Rohen e Yakochi (1989)
Figura 2: Orelha externa direita

2.5.2 Orelha média

Também chamado de caixa do tímpano, que é limitada externamente pela membrana timpânica e internamente pelo promontório, onde estão as janelas oval e redonda. Superiormente, encontra-se o ático e o antro com células do mastoide e, inferiormente, a abertura da trompa do Eustáquio. Na orelha média, segundo SANTOS (1996), três são os elementos importantes para a transmissão sonora: a trompa de Eustáquio, os músculos timpânicos e o tímpano-ossicular.

“Trompa de Eustáquio: É um canal que comunica a nasofaringe com a orelha média, permitindo a entrada de ar nesta cavidade. A ventilação da orelha média ocorre durante a deglutição, o espirro, o bocejo, quando a trompa se abre. Isto permite que a pressão externa e interna se iguale deixando a membrana livre para vibrar. Quando a trompa permanece fechada por um resfriado, gripes ou rinites e até mesmo nas variações bruscas de altitudes, a pressão interna fica negativa devido a absorção do ar, sente-se pressão na orelha, dor e perda de audição.

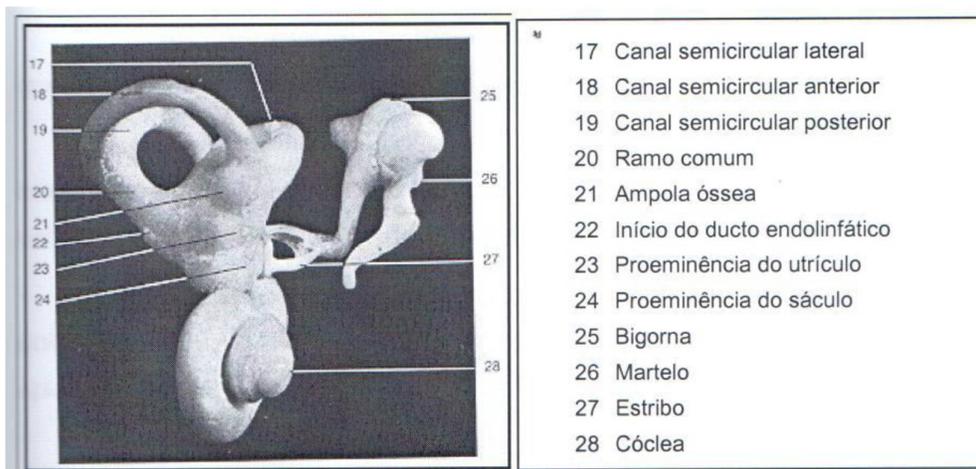
Músculos timpânicos: O músculo tensor do tímpano (inervado pelo trigêmeo – V par craniano), está ligado ao cabo do martelo, que quando se contrai puxa este ossículo para dentro da orelha média. O músculo

estapédio (inervado pelo facial – VII par craniano), liga-se ao estribo e quando se contrai puxa o estribo contra a janela oval onde está inserido. Quando a orelha recebe sons de grande intensidade, estes músculos, estes músculos se contraem, aumentando a resistência a transmissão sonora de sons graves, havendo uma queda de aproximadamente 30dB de intensidade devido à maior rigidez da cadeia ossicular. Protegendo assim a orelha interna e as células do órgão de Corti contra lesões. Essa contração mascara sons de baixa frequência em ambientes ruidosos, permitindo à pessoa escutar sons de maior frequência em ambientes ruidosos, permitindo a pessoa escutar sons de maior frequência, ou seja, a faixa de frequência da comunicação falada e também atenua a nossa própria voz quando chega à orelha.

Sistema tímpano-ossicular: É formado pela membrana timpânica, martelo, bigorna e estribo, de tal modo interligados que transmitem as vibrações da membrana timpânica à janela oval e à perilinfa da rampa vestibular: é a transmissão aérea. O sistema tímpano-ossicular é um transformador de energia, cuja finalidade é igualar as impedâncias da orelha média e interna para uma transmissão sonora e efetiva. “Esse efeito transformador ocorre através de dois mecanismos: hidráulico e de alavanca”.

Mecanismo hidráulico: a superfície da membrana timpânica tem aproximadamente 55 mm² e a superfície da janela oval 3.2 mm². Essa diferença aumenta em 17 vezes a pressão sonora que chega a janela oval (SELIGMANN,1997).

Mecanismo de alavanca: o martelo e a bigorna atuam em conjunto, constituindo uma alavanca inter-resistente, que tem a potência aplicada no cabo do martelo, sendo a resistência o estribo e o ponto de apoio a articulação da bigorna com o estribo. Este sistema de alavanca (figura 03) multiplica a pressão sonora que chega a janela oval aumentada 1,3 vezes. Como resultado, os efeitos hidráulicos e os de alavanca, conjuntamente, aumentam a pressão sonora em 22 vezes. (SELIGMANN,1997).



Fonte: Rohen e Yakochi (1989)

Figura 3: Cadeia de ossículos da audição em conexão com orelha direita. Lado esquerdo

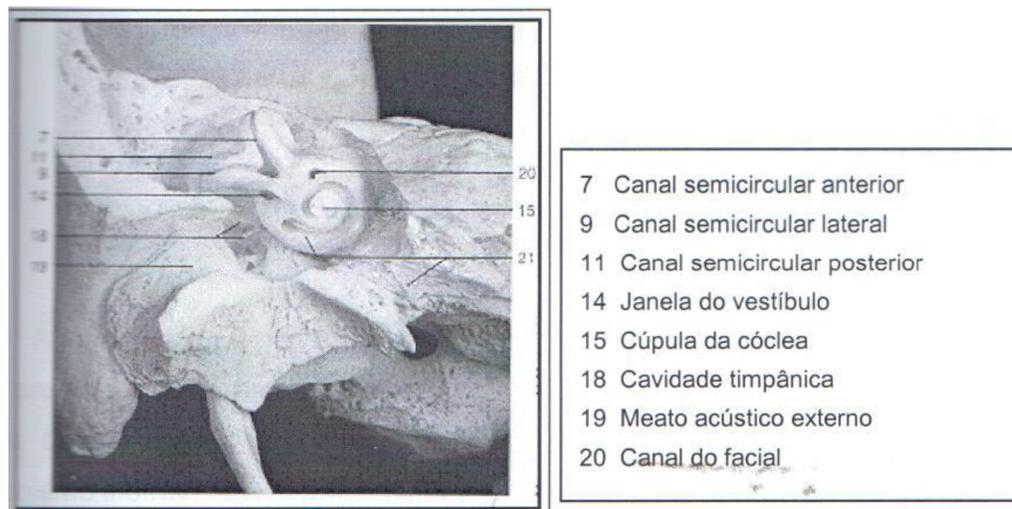
2.5.3 Orelha interna

A orelha interna, também chamada de labirinto, em sua parte anterior está a cóclea. (Figura 04) Esta é composta por uma parte óssea e uma membranosa.

A cóclea óssea é constituída por três partes ligadas a si. São elas: a columela, parte central em forma de cone, que apresenta em sua base o crivo espiróide, que permite a passagem dos filetes nervosos para o conduto auditivo; o canal auditivo que faz duas e meia voltas entre a columela e a lâmina espiral; a lamina espiral que é uma lâmina óssea que acompanha o canal espiral.

A parte membranosa da cóclea divide diversos compartimentos, onde se localizam as estruturas responsáveis pela transformação de energia mecânica em estímulos elétricos.

O órgão de corti é um órgão extremamente diferenciado com a função de transformação de energia mecânica em elétrica. É composto por células sensoriais e de suporte. As células sensoriais são divididas em células ciliadas externas e internas (SANTOS, 1996 e SELIGMANN,1997).



Fonte: Rohen e Yakochi (1989)

Figura 4: Dissecção do labirinto ósseo, canais semi circulares e coclear abertos

2.5.4 Fisiologia da audição humana

A orelha humana é sensível somente aos sons cuja faixa de frequência se situam entre 20Hz a 20.000Hz, denominada faixa audível, incluindo o limiar mínimo de detecção de audibilidade. Este valor de pressão determinou o estabelecimento do dB NA (nível de audição). O limiar de desconforto para um tom de 1.000Hz, encontra-se a 120dB e a de dor, a 140 dB (SELIGMANN, 1997).

Através de uma série de alterações biológicas e psíquicas o corpo humano está preparado para enfrentar o perigo da exposição ao ruído, além de provocar vários danos auditivos, pode afetar vários órgãos e atividades através de um mecanismo indireto, ativando ou inibindo o sistema nervoso central e periférico.

O ruído pode provocar várias formas de reações, particularmente se o barulho é inesperado ou de fonte desconhecida, refletindo em reações primárias de defesa do organismo. Se a exposição é temporária o organismo retorna ao normal ou ao estado de pré-exposição em poucos minutos, correspondendo a reação primária da secreção catecolaminérgica da adrenal. Se o estímulo ruidoso é mantido ou alternado postulam-se mudanças persistentes (PIMENTEL-SOUZA, 1997).

A poluição sonora é uma das consequências da vida moderna. A importância deste assunto costuma ser ignorado pela sociedade, muitas vezes por desconhecer os efeitos do ruído sobre o organismo e ao ambiente.

2.6 CAUSAS DO RUÍDO NO SER HUMANO

Segundo Wachowicz (2007) o ruído é um dos itens mais importantes da saúde ocupacional, estando, quando inadequado, relacionado às lesões do aparelho auditivo, à fadiga auditiva e, provavelmente aos efeitos psicofisiológicos negativos associados ao estresse psíquico.” O ruído (sendo este alto ou não) pode ser a causa de estresse, uma das consequências dos acidentes de trabalho. Conforme IIDA (2005) ruídos superiores a 90 dB provocam lesões fisiológicas, que prejudicam o organismo e gera estresse, fadiga, produz aborrecimentos, tensões e dores de cabeça, também pode prejudicar a memória de curta duração. Em 1993 a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou recomendações usando critérios estabelecidos para proteção contra ruído considerando a perturbação das pessoas, inclusive no sono. Dados obtidos em laboratório e campo são similares àqueles estabelecidos pela *Environmental Protection Agency* - EPA relacionados abaixo:

Quadro 1: Nível de Ruído Recomendado

- | |
|---|
| <p>a) Leq de 45 dB (A) – nível de ruído recomendado em áreas habitadas durante à noite, para que não seja ultrapassado o nível de 30 dB no interior dos dormitórios mesmo com janelas abertas;</p> <p>b) Leq de 50 dB (A) - nível de ruído recomendado para que a maioria das pessoas não seja moderadamente incomodada pelo ruído;</p> <p>c) Leq de 55 dB (A) – nível de ruído recomendado para áreas habitadas durante o dia para que a maioria das pessoas não seja severamente incomodada pelo ruído.</p> |
|---|

Fonte: Organização Mundial da Saúde (OMS), 1993;

Os ruídos intensos prejudicam a comunicação verbal, as pessoas necessitam aumentar consideravelmente o tom de sua voz para serem ouvidos. Os ruídos tendem a prejudicar no desempenho do trabalho, principalmente tarefas que exigem atenção, concentração, precisão de movimentos e, esses resultados tendem a piorar após duas horas de exposição ao ruído.

Segundo Bensoussan e Albieri (1999) o ruído e deve ser observado que além da sua geração e da intensidade de sua propagação, a sensibilidade do organismo deve ser considerada. A principal fonte que gera ruído são as máquinas que funcionam nos locais de trabalho. Estas maquinarias geralmente, principalmente pela dinamicidade da obra, não estão em locais contra à propagação de ruído, também não estão enclausuradas de maneira adequada. Um ruído pode atingir o trabalhador por via direta ou reflexão. O operador da máquina produtora de ruído

recebe energia sonora por via direta e também por reflexão. Demais trabalhadores, nos locais mais distantes da máquina recebem a energia sonora por reflexão.

A tabela a baixo representa alguns limites toleráveis a ruídos em diversos ramos de atividades.

Tabela 1: Limites toleráveis a ruídos em diversos tipos de atividades

Nível de Ruído (dB)	Atividade
50	A maioria considera como um ambiente silencioso, mas cerca de 25% das pessoas terão dificuldade para dormir.
55	Máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio.
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia.
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos.
70	Inadequado para trabalho em escritórios. Conversação difícil.
75	E necessário aumentar a voz para conversação.
80	Conversação muito difícil.
85	Limite máximo tolerável para a jornada de trabalho

Fonte: Lida (2005).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) “A definição mais simples é que o ruído é qualquer som indesejado”. Na prática chama-se de ‘som’, quando não é desagradável, e ‘ruído’ quando perturba. Geralmente, mas não sempre, ruído é ‘alto’, ou seja, de alto nível de pressão sonora. O ruído perturbador pode gerar em diversas fontes, tanto externo como interno.

A portaria 3.214 de 8 de Junho de 1978 do Ministério do Trabalho, constituiu num grande avanço para a prevenção das doenças ocupacionais incluindo as senso neurais causadas por ruídos. Na Norma Regulamentadora 15 definiu também os critérios ambientais que caracterizam o trabalho considerado insalubre por exposição ao ruído. Estabeleceu-se também a obrigatoriedade dos exames audiométricos admissionais, periódicos e demissionais sempre que o ambiente de trabalho apresentar níveis de pressão sonora superiores a 85 dB em 8 horas de exposição.

2.6.1 Intensidade Sonora

A intensidade sonora medida em decibel (dB) é definida como nível de intensidade sonora (NIS) e refere-se à relação logarítmica entre a intensidade sonora em questão e a intensidade de referência. Matematicamente escreve-se de acordo com a Equação 1 e 2 (GERGES, 2000).

$$\text{NIS} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{\text{ref}}} (\text{decibel} - \text{dB}) \quad (1)$$

ou

$$\text{NIS} = \log \frac{I}{I_{\text{ref}}} (\text{Bel} - B) \quad (2)$$

onde: I a intensidade sonora de um som, e $I_{\text{ref}} = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$.

2.6.2 Pressão Sonora e Nível de Pressão Sonora (NPS)

Segundo Gerges (2000) a intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão acústica, então o nível de pressão sonora que é dado pela Equação 3.

$$\text{NPS} = 20 \log \frac{P}{P_0} (\text{decibel} - \text{dB}) \quad (3)$$

Esta fórmula expressa a relação entre a pressão real e a de referência ($P_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$, correspondente ao limiar da audição em 1000 Hz).

2.6.3 Dose de Exposição ao Ruído Ocupacional

A capacidade de causar danos à audição não depende somente do seu nível, mas depende também do tempo de duração (GERGES, 2000).

Segundo a Norma de Higiene Ocupacional nº 01 (NHO-01), dose (D) é um parâmetro para caracterização da exposição ocupacional ao ruído expresso em porcentagem de energia sonora. Serve de índice diário de exposição e tem por referência o valor máximo de energia sonora diária permitida (BRASIL, 2001).

De acordo com a NR-15 a dose pode ser calculada pela Equação 4:

$$D = (C1/T1) + (C2/T2) + (C3/T3) + \dots + (Cn/Tn) \quad (4)$$

onde: C_n é o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico; T_n é a duração máxima da exposição diária permissível a esse nível, segundo a NR-15 Anexo nº 1- Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

2.6.4 Nível de Exposição

Outro parâmetro para caracterização da exposição ocupacional ao ruído é o nível de exposição equivalente (Neq), em dB(A). O Neq expressa um nível virtual contínuo (não variável com o tempo) que tem efeito lesivo equivalente ao conjunto dos níveis reais encontrados (MAIA, 2001). A NHO-01 define Nível de Exposição (NE) como o nível médio representativo da exposição ocupacional diária (BRASIL, 2001). A Equação 5 calcula o nível de exposição.

$$NE = Neq = 85 + N \times \log [(D \times 480) / t] \quad (5)$$

Onde: D é a dose de exposição diária; t é o tempo em minutos; N é um índice que para a NR- 15 vale $N = 16,6096$ e para a NHO-01 vale $N = 10$.

2.6.5 Nível de Ação

Para a NHO-01, nível de ação é o nível sonoro abaixo do qual há pouco risco de dano auditivo em consequência da exposição de duração de oito horas por dia, acima desse valor devem ser iniciadas ações preventivas (BRASIL, 2001).

A NR-9 fornece a definição de nível de ação como sendo o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico.

Ainda da NR-9, para ruído, a dose superior a 0,5 (dose superior a 50%) deve ser objeto das ações preventivas.

2.6.6 Caracterização do Ruído

O ruído é também caracterizado como um sinal acústico aperiódico, originado da superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, as quais não apresentam relação entre si. Os ruídos podem ser classificados, de acordo com Santos (1996) e Seligmann (1997), segundo a variação de seu nível de intensidade com o tempo em:

Quadro 2: Caracterização do Ruído

Continuo: ruído com variações de níveis desprezíveis (até + ou – 3dB), durante o período de observação.
Intermitente: ruído cujo nível varia continuamente de um valor apreciável (superior a +ou – 3dB) durante o período que está sendo observado.
Ruído de impacto ou de impulso: é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, cujas intensidades variam de 100 a 140 dB. O ruído vai até à intensidade de 140dB, acima deste é ruído de impulso.

Fonte: SANTOS, (1996) E SELIGMANN (1997);

2.6.7 Espectro de Frequências de Ruídos

Para SELIGMANN(1997), o espectro de frequências dos ruídos podem ser classificados da seguinte forma:

Quadro 3: Espectro de Frequência de Ruído

Ruído branco: é uma onda sonora aperiódica que apresenta igual energia em todas as frequências contidas em envelope de espectro na faixa de frequências de 100 a 10.000 Hz. É usado para mascarar os sons de fala usados na logaudiometria. Não causa ansiedade nem molésia à maioria das pessoas.
Ruído rosa: é uma filtragem do ruído branco, abrangendo uma área mais reduzida no espectro audível, sua energia está igualmente distribuída na faixa de frequências de 500 a 4000 Hz. Por ter energia concentrada numa faixa de frequências mais estreita do que a do ruído branco, sua efetividade de mascaramento para sons de fala é maior, necessitando de menor intensidade total.
Ruído de fala: é outra filtragem do ruído branco destinada a mascarar o espectro dos sons da fala de longa duração. Concentra energia na faixa de frequências de 500 a 2.000 Hz.

Ruído de banda estreita: é uma filtragem seletiva de ruído branco, com o uso de vários filtros eletrônicos ativos, cada um dos quais deixando de passar sua banda centrada na frequência do tom de teste. Produz os níveis de intensidade mais eficientes para o mascaramento dos tons puros, com menos nível de pressão sonora e maior conforto do indivíduo sob teste.

Fonte: SELIGMANN (1997);

2.6.8 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

2.6.8.1 Ruído Contínuo ou Intermitente

Para a FUNDACENTRO (2001), o critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados pra ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A). O critério de avaliação considera também, o incremento de dose (q) igual a 3 e o nível limiar de integração igual a 80 dB(A). A avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente deve ser feita por meio da determinação da dose diária de ruído ou do nível de exposição, parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador. Esses parâmetros são equivalentes, sendo possível, a partir de um obter-se o outro, mediante as expressões matemáticas:

$$NE = 10 \times \log \left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \quad [\text{dB}] \quad D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{3} \right)} \quad [\%]$$

Sendo:

NE = nível de exposição.

D = dose diária de ruído em porcentagem.

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

O incremento de duplicação de dose, quando tratamos de dosimetria de ruído para avaliações de exposição a ruído contínuo ou intermitente, também é conhecido

simplesmente como "q", equivale a um valor em decibéis que implica na duplicação ou na redução pela metade do tempo de exposição, em minutos, ou para cálculo da dose, em porcentagem.

A Norma Regulamentadora nº15 do Ministério do Trabalho e Emprego determina que seja adotado o valor 5 para o "q", enquanto que a Norma de Higiene Ocupacional da Fundacentro orienta a adoção do valor 3. Porém, deve ficar claro que devemos seguir o determinado pela NR-15 do MTE, pois a NHO-01 apenas é um procedimento de orientação para realização das avaliações de ruído.

Como já citado anteriormente ele determina a quantidade de decibéis em que a dose será duplicada e o tempo limite de exposição será reduzido pela metade. A tabela a seguir demonstra a sequência quando adotamos o "q" como 5, conforme determinação da NR-15:

Tabela 2: Incremento de duplicação de dose em 05

Nível dB(A)	Dose (%)	Limite exposição (min.) / dia
85	100	480
90	200	240
95	400	120
100	800	60
105	1600	30
110	3200	15
115	6400	7

Fonte: FUNDACENTRO, (2015).

Caso adotássemos erroneamente o "q" como 3, conforme orientado pela NHO-01 vejam como esta tabela sofreria alterações:

Tabela 3: Incremento de duplicação de dose 03

Nível dB(A)	Dose (%)	Limite exposição (min.) / dia
85	100	480
88	200	240
91	400	120
94	800	60
97	1600	30
100	3200	15
103	6400	7
106	12800	3
109	25600	1
112	51200	0,5
115	102400	0,25

Fonte: FUNDACENTRO, (2015).

Quando o objetivo for a decisão sobre ações preventivas tomando por base o Nível de Ação, dose igual a 50%, o incremento de duplicação de dose também pode nos atrapalhar se não utilizado da maneira correta. Vejamos:

	Nível de Ação dB(A)	Dose (%)	Limite exposição (min.) / dia
NR-15 / q = 5	80	50	960
NHO-01 / q = 3	82	50	960

Portanto, lembre-se de sempre ajustar o dosímetro de ruído antes da realização das dosimetrias para $q = 5$.

A avaliação deve ser realizada utilizando-se medidores integradores de uso individual, fixados no trabalhador. Na indisponibilidade destes equipamentos, a Norma oferece procedimentos alternativos para outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, não fixados no trabalhador, que

podem ser utilizados na avaliação de determinadas situações de exposição ocupacional. Em cada caso deverão ser seguidos os procedimentos de medição específicos estabelecidos. No entanto, as condições de trabalho que apresentem dinâmica operacional complexa, como, por exemplo, a condução de empilhadeiras, atividades de manutenção, entre outras, ou que envolvam movimentação constante do trabalhador, não deverão ser avaliadas por esses métodos alternativos. É de relevância destacar que o dosímetro de ruído ou áudio-dosímetro é considerado um equipamento adequado nas avaliações (FUNDACENTRO, 2001).

Avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio da dose diária pode ser determinada por meio de medidores integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído), ajustados de forma a atender as especificações contidas na norma específica no que se refere a “equipamentos de medição”. Neste caso o limite de exposição ocupacional diário no ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%. O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído é de dose diária igual a 50%. O limite de exposição valor teto para o ruído contínuo ou intermitente é 115 dB(A). Exposições a níveis inferiores a 80 dB(A) não serão considerados no cálculo da dose. Quando a exposição for a um único nível de ruído o cálculo da dose diária também é feito utilizando a expressão apresentada, ou seja, simplesmente dividindo " C_1 " por " T_1 ". Neste critério, o limite de exposição ocupacional diária ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100% (FUNDACENTRO, 2001).

Já a avaliação da exposição de um trabalhador ao ruído contínuo ou intermitente por meio do nível de exposição, segundo a Fundacentro (2001), deve ser realizada, preferencialmente, utilizando-se medidores integradores de uso individual. Na indisponibilidade destes equipamentos, poderão ser utilizados outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, portados pelo avaliador. O Nível de Exposição (NE) é o Nível Médio representativo da exposição diária do trabalhador avaliado. Para fins de comparação com o limite de exposição, deve-se determinar o Nível de Exposição Normalizado (NEN), que corresponde ao Nível de Exposição (NE) convertido para a jornada padrão de 8 horas diárias. O Nível de Exposição Normalizado (NEN) é determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 \log \frac{T_E}{480} \text{ [dB]}$$

Sendo:

NE = nível médio representativo da exposição ocupacional diária.

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

Neste caso o limite de exposição ocupacional diária ao ruído correspondente a NEN é igual a 85 dB(A), e o limite de exposição valor teto para ruído contínuo ou intermitente é de 115 dB(A). Para este critério considera-se como nível de ação o valor NEN igual a 82 dB(A).

Para a interpretação dos Resultados para Ruído Contínuo ou Intermitente (Dose diária), deve ser considerado que quando a dose diária de exposição a ruído determinada for superior a 100%, o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle. Se a dose diária estiver entre 50% e 100% a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições aos ruídos causem prejuízos à audição do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado. Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição (FUNDACENTRO, 2001).

A Tabela a seguir apresenta considerações técnicas e a situação recomendada em função da Dose Diária ou do Nível de Exposição Normalizado encontrados na condição de exposição avaliada.

Tabela 4: Critério de julgamento e tomada de decisão

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 preventiva
80 a 100	84 a 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da dose

Acima de 100	> 85	Acima do limite de exposição	diária Adoção imediata de medidas corretivas
--------------	------	---------------------------------	--

Fonte: FUNDACENTRO(2001).

2.6.8.2 Ruído de Impacto

Segundo a Fundacentro (2001), a determinação para exposição ao ruído de impacto ou impulsivo deve ser feita por meio de medidores de nível de pressão sonora. Neste critério o limite de exposição por dia ao ruído de impacto determinado pela expressão:

$$N_p = 160 - 10 \text{ Log } n \text{ [dB]}$$

onde:

N_p = nível de pico, em dB, máximo admissível

n = número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada diária de trabalho.

Quando o número de impactos ou de impulsos diário ultrapassa 10.000, o ruído deverá ser considerado como contínuo ou intermitente (FUNDACENTRO, 2001).

2.6.8.3 Ruído Contínuo ou Intermitente simultâneo com Ruído de Impacto

Para a Fundacentro (2001), na ocorrência simultânea de ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto, a exposição ocupacional torna-se acima do limite de exposição, quando pelo menos o limite para um dos tipos de ruído for excedido. Não é permitida, em nenhum momento da jornada de trabalho, exposição a níveis de ruído contínuo ou protegidos, independentemente dos valores obtidos para dose diária ou para o nível de exposição. Também para exposição a ruídos de impacto ou impulsos com níveis de pico superiores a 140 dB para pessoas que não estejam adequadamente protegidos.

2.6.9 Avaliações

Para a Fundacentro (2001), a avaliação de ruído deve ser feita considerando todos os trabalhadores envolvidos no estudo. Identificando os grupos de trabalhadores que apresentem iguais características de exposição (*grupos homogêneos de exposição*), em que assim, não precisarão ser avaliados todos os trabalhadores. As avaliações podem ser realizadas cobrindo um ou mais trabalhadores cuja situação corresponde à exposição (típica) de cada grupo considerado. Havendo dúvidas quanto à possibilidade de redução do número de trabalhadores a serem avaliados, a abordagem deve considerar necessariamente a totalidade dos expostos no grupo considerado. O conjunto de medições deve ser representativo das condições reais de exposição ocupacional do grupo de trabalhadores objeto do estudo. Desta forma, a avaliação deve cobrir todas as condições, operacionais e ambientais habituais, que envolvem o trabalhador no exercício de suas funções.

Para que as medições sejam representativas da exposição de toda a jornada de trabalho é importante que o período de amostragem seja escolhida de forma adequada. Se forem identificados ciclos de exposição repetitivos durante a jornada, a amostragem deverá incluir um número suficiente de ciclos. A amostragem deverá cobrir um número maior de ciclos, caso estes não sejam regulares ou apresentem níveis com grandes variações de valores. No decorrer da jornada diária, quando o trabalhador executar duas ou mais rotinas independentes de trabalho, a avaliação da exposição ocupacional poderá ser feita avaliando-se, separadamente, as condições de exposição em cada uma das rotinas e determinando-se a exposição ocupacional diária pela composição dos dados obtidos. Havendo dúvidas quanto à representatividade da amostragem, esta deverá envolver necessariamente toda a jornada de trabalho.

Os procedimentos de avaliação devem interferir o mínimo possível nas condições ambientais e operacionais da condição de trabalho em estudo. As condições de exposição não rotineiras, decorrentes de operações ou procedimentos de trabalho previsíveis, mas não habituais, devem ser avaliadas e interpretadas isoladamente, considerando-se a sua contribuição na dose diária ou no nível de exposição. Deverão ser obtidas informações administrativas, a serem corroboradas

por observação de campo, necessárias na caracterização da exposição dos trabalhadores, com base no critério utilizado.

Os medidores integradores de uso pessoal, também denominado de dosímetros de ruído, utilizados na avaliação da exposição ocupacional ao ruído devem atender às especificações constantes da Norma ANSI S1.25-1991 ou de suas futuras revisões, ter classificação mínima do tipo 2 e estar ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros: circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow), critério de referência de 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas, nível limiar de integração de 80 dB(A), faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A), incremento de duplicação de dose de 3 ($q = 3$) e indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

Já os medidores integradores portados pelo avaliador, utilizados na avaliação da exposição ocupacional ao ruído devem atender às especificações da Norma IEC 804 ou de suas futuras revisões e ter classificação mínima do tipo 2. Para a determinação de níveis médios de ruído devem estar ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros: circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow) ou rápida (fast), quando especificado pelo fabricante, critério de referência de 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas, nível limiar de integração de 80 dB(A), faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A), incremento de duplicação de dose de 3 ($q = 3$) e indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

Os medidores de leitura instantânea a serem utilizados na avaliação da exposição ocupacional tanto ao ruído contínuo ou intermitente, como de impacto, devem ser no mínimo do tipo 2 (aplicação para medições de ruído ambiental) segundo especificações constantes das Normas ANSI S1.4-1983 e IEC 651, ou de suas futuras revisões. Para a medição de ruído contínuo ou intermitente, os medidores devem estar ajustados de forma a operar no circuito de ponderação "A", circuito de resposta lenta (slow) e cobrir uma faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A). Para a medição de ruído de impacto os medidores devem estar ajustados de forma a operar no circuito "linear", circuito de resposta para medição de nível de pico, e cobrir uma faixa de medição de pico mínima de 100 a 150 dB (FUNDACENTRO, 2001).

Os equipamentos utilizados na calibração dos medidores de nível de pressão sonora, devem atender às especificações da Norma ANSI S1.40-1984 ou IEC 942-

1988. Devendo preferencialmente ser da mesma marca que o medidor e, obrigatoriamente, permitir o adequado acoplamento entre o microfone e o calibrador, diretamente ou por meio do uso de adaptador (FUNDACENTRO, 2001).

2.6.10 Relatório

Para o desenvolvimento do Relatório Técnico é recomendado que sejam abordados no mínimo, os aspectos apresentados, de forma que possibilite a compreensão, por leitor qualificado, sobre o trabalho desenvolvido e documentar os aspectos da Norma de Higiene Ocupacional 01, incluindo introdução, objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações, também critério de avaliação adotado, instrumental utilizado, metodologia de avaliação utilizada, descrição das condições de exposição avaliadas; dados obtidos e interpretação dos resultados (FUNDACENTRO, 2001).

2.7 CONTROLE DE RUÍDO

2.7.1 Medidas Técnicas

Segundo Saliba (2004) existem três métodos de controle de ruído que podem ser aplicados a fim de melhorar os postos de trabalho. Os quais são: Controle na fonte (Equipamentos, partes móveis), Na trajetória (propagação); E controle no receptor (homem).

2.7.2 Controle de Ruído na Fonte

As principais formas de controle de ruído na fonte são: Seleção de equipamentos isentos ou pouco ruidosos, Se possível, impedir o contato entre peças da máquina; Aplicar silenciadores e abafadores; Lubrificar de forma eficaz, usando lubrificante com viscosidade indicada pelo fabricante; Programar a lubrificação periódica das partes móveis; Substituição de equipamentos gastos e defeituosos; Substituir partes

metálicas por partes plásticas se possível; Regular motor e outros componentes da máquina (SALIBA, 2004 e SOUZA COSTA, 2009).

2.7.3 Controle da Propagação

A fim de melhorar as soluções de controle na fonte, pode-se aplicar medidas de controle de propagação do ruído, as quais consistem em (SALIBA, 2004): Instalação de barreira acústica que diminua a propagação do ruído; Isolamento da máquina como um todo, sem que reduza sua eficiência; Aplicação de materiais que absorvam vibrações na máquina e local de instalação; Separação de peças que não deveriam entrar em contato entre si; Reforço da estrutura onde se encontra o equipamento.

2.7.4 Controle no Trabalhador

Como complemento aos itens anteriores cita-se (SALIBA, 2004 e SOUZA COSTA, 2009): Aumento da distancia entre o trabalhador e a fonte de ruído; Limitar o tempo de exposição; Protetor auricular adequado; Redução do numero de trabalhadores expostos; Variação nas atividades; Limitar o acesso a setores/zonas muito ruidosas.

2.8 NORMATIZAÇÕES EM SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NAS ATIVIDADES RUÍDOSAS

2.8.1 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA

Através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a ocorrer em um ambiente de trabalho, o PPRA tem o objetivo de preservar a saúde e integridade dos trabalhadores, considerando também a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. É uma das ferramentas iniciais adotada pela empresa, sendo

obrigatoriedade de sua elaboração estabelecida pela Norma Regulamentadora (NR9) (BRASIL,1994).

Deve ser desenvolvida no âmbito de cada empresa, sendo de responsabilidade do empregador. A participação dos trabalhadores na elaboração do PPRA é de suma importância para a eficácia do programa (BRASIL).

São considerados riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho que, devido a sua natureza, intensidade ou concentração e tempo de exposição, podem causar danos a saúde do trabalhador. Essa análise deve incluir a gestão de questões relativas a deficiência no local de trabalho, visando-o como um lugar seguro, acessível e saudável (*op.cit*).

Uma análise geral do PPRA de uma empresa deve ser feito sempre que necessário e pelo menos uma vez ao ano para que seu desenvolvimento e a realização de ajustes necessários (*op.cit*).

O PPRA deve conter no mínimo, a seguinte estrutura: planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma; estratégia e metodologia de ação; registro, manutenção e divulgação de dados; e periodicidade e avaliação do desenvolvimento do programa (BRASIL,1994).

2.8.2 Norma Regulamentadora NR 15

A Norma Regulamentadora NR 15 trata das atividades e Operações insalubres acima dos limites de tolerância previsto no ANEXO nº 1 da NR-15, onde trata dos limites de tolerância para ruído.

2.8.3 Norma regulamentadora NR 18

Esta NR trata das diretrizes administrativas, de planejamento e organização, com o objetivo de programar as medidas de controle, proteção e segurança no ambiente de trabalho do setor da construção civil (BRASIL,1995).

2.8.3.1 Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção – PCMAT

São obrigatórios em todos os estabelecimentos com 20 (vinte) ou mais trabalhadores, e devem contemplar os dispositivos desta NR como também as medidas complementares de segurança. O PCMAT deve ser elaborado por um profissional habilitado e deve ser mantido no estabelecimento a disposição do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) (BRASIL,1995).

Os dispositivos de integram o PCMAT são (BRASIL,1995):

- “a) memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações, levando-se em consideração riscos de acidentes e de doenças do trabalho e suas respectivas medidas preventivas;
- b) projeto de execução das proteções coletivas em conformidade com as etapas de execução da obra;
- c) especificação técnica das proteções coletivas e individuais a serem utilizadas;
- d) cronograma de implantação das medidas preventivas definidas no PCMAT;
- e) *layout* inicial do canteiro de obras, contemplando, inclusive, previsão de dimensionamento das áreas de vivência;
- f) programa educativo contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho, com sua carga horária. “

2.9 MEDIDAS DE PROTEÇÃO

2.9.1 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC's

Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são equipamentos utilizados para proteção de segurança enquanto um grupo de pessoas realiza determinada tarefa ou atividade. Poderá ser um dispositivo, um sistema, ou um meio, fixo ou móvel, diferente de EPI, que serve para proteger somente quem está usando, como por exemplo, luvas, capacete, óculos. (Portal Educação,2015).

“O equipamento de proteção coletiva protege todos ao mesmo tempo, pois todos observam, usam ou são beneficiados. São exemplos de equipamentos de proteção Coletiva:

“Enclausuramento acústico de fontes de ruído; Ventilação dos locais de trabalho; Proteção de partes móveis de máquinas; Exaustores para gases e vapores; Tela / grade para proteção de polias, peças ou

engrenagens móveis; Ar-condicionado/aquecedor para locais frios; Placas sinalizadoras; Avisos, Sinalizações; Sensores de máquinas; Corrimão; Fitas antiderrapantes de degrau de escada; Ventiladores; Iluminação; Piso antiderrapante. Barreiras de proteção contra luminosidade e radiação; Guarda-corpos; Protetores de máquinas; Sirene de alarme incêndio; Cabines para pintura; Purificadores de ar/água; Chuveiro e lava olhos de emergência (Portal Educação,2015).

Equipamento de proteção coletiva protege todos ao mesmo tempo, pois todos observam, usam ou são beneficiados. São exemplos de equipamentos de proteção Coletiva. É importante lembrar que os equipamentos de proteção coletiva devem ser usados com responsabilidade, portanto seguem algumas dicas importantes: Usá-los apenas para a finalidade que se destina. Responsabiliza-se por sua guarda e conservação. Comunicar qualquer alteração que o torne impróprio para o uso. Adquirir o tipo adequado a atividade do empregado. Treinar o trabalhador sobre seu uso adequado. Tornar obrigatório seu uso. Substituí-lo quando danificado ou extraviado”.

2.9.2 Equipamento de Proteção Individual – EPI's

Os equipamentos de proteção individual consistem em meios ou dispositivos utilizados por um trabalhador para prevenir possíveis riscos que possam ameaçar a sua saúde ou segurança durante a realização de determinada atividade no trabalho (SASAKI, 2007).

Segundo Piza apud Oliveira; Pilon (2003) Os EPIs eles existem para evitar alguma lesão ou para diminuir sua gravidade. Também possuem a função de proteger o corpo contra efeitos de substâncias que possam causar doenças ocupacionais.

A Norma Regulamentadora de número 6 dispõe sobre os EPIs que devem ser utilizados para proteção de cada área específica do corpo e de acordo com a função do trabalhador.

Todos os trabalhadores em uma obra devem usar obrigatoriamente o capacete e o calçado de segurança. O protetor auricular deve ser utilizado obrigatoriamente quando o trabalhador estiver exposto a níveis de ruído acima dos Limites de Tolerância da NR 15 (ver anexo A). O trabalhador também deve utilizar capa impermeável quando exposto a chuva ou garoa. O cinturão de segurança do

tipo pára-queda deve ser utilizado quando o trabalhador estiver acima de 2 metros de altura (SAMPAIO, 1998).

2.9.2.1 Tipos de Protetor Auditivo/higienização

De acordo com a (BRASIL, 2012a), considera-se Equipamento de Proteção Individual – EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

O EPI pode ser considerado como uma barreira entre o trabalhador e o perigo, onde sua finalidade é proteger o empregado contra a exposição desnecessária há riscos físicos, químicos ou biológicos.

A NR-06 determina que o empregador seja o responsável por adquirir o EPI correto de acordo com o nível de risco e tipo de risco sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças ocupacionais, enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas, para atender situações de emergência, além de fornecer EPI certificado, orientar e treinar o trabalhador a fim de garantir o uso e o funcionamento correto do EPI, e responsabilizar-se pela higienização e a manutenção periódica do EPI (BRASIL, 2012a).

No mercado brasileiro existem vários modelos e marcas de protetores de inserção cada um com suas vantagens e desvantagens quanto ao nível de atenuação e facilidade de higienização.

2.9.2.2 Tipo Moldável

Protetor fabricado com material especial de espuma moldável, antialérgica e possui nível de atenuação de 16 dB(A), se adapta a vários tamanhos de canais auditivos, quanto a higiene, é recomendado que seja descartado após um dia de uso.

2.9.2.3 Pré-moldado

Fabricado em silicone, copolímero ou polipropileno com flanges de diferentes densidades, são de fácil inserção, possuem bom nível de atenuação "de 16 a 17 dB(A)" e se higienizados corretamente não perdem sua capacidade de atenuação.

2.9.2.4 Protetores tipo concha

Normalmente confeccionados em material leve tipo polímero de alta densidade em formato de concha, sua vedação pode ser feita com espuma ou fluido amortecedor que garante maior conforto e se molda facilmente ao rosto do trabalhador. Seu nível de atenuação varia de 17 a 27 dB(A) dependendo da sua finalidade e pode ser usado em conjunto com EPI's do tipo moldável e pré-moldado.

Alguns modelos são de fácil higienização e pode ser feita pelo próprio trabalhador, no entanto, alguns modelos são sensíveis quanto à sua construção e precisam de maior atenção no momento da higienização.

2.9.2.5 Especiais

É protetores não lineares com sistema de filtragem por orifício ou sistema eletrônico onde se pode escolher a banda de frequência que se deseja atenuar. São projetados para atenuar frequências abaixo de 2Khz permitindo a passagem da voz humana. Na prática são menos eficazes que os protetores tipo concha, se levarmos em consideração a frequência (MELO,1999).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o estudo foi a pesquisa bibliográfica exploratória, através da consulta em livros, artigos, legislações e normas que abordem o assunto da segurança do trabalho na indústria da construção civil, mais especificamente o agente físico ruído. As NRs 06, 15 e 18 foram alguns dos materiais estudados, pois são ferramentas onde nos repassam os principais dados para a proteção para a saúde e bem estar do trabalhador afetado pelos altos níveis de ruídos na construção civil.

Para esta pesquisa foi utilizado o método de dedução, que tem como propósito explicitar as informações essenciais, de forma que estudando os conceitos legisladores, as normativas e a interpretação dos autores sobre o tema pode-se obter um entendimento sobre os EPC'S necessários e essenciais para os trabalhadores que são afetados pelos altos níveis de ruídos no ambiente de trabalho da construção civil.

Os resultados estão explicitados de forma comparativa entre atividades realizadas no ambiente de trabalho da construção civil, proporcionando desta forma o entendimento das principais atividades que afetam os trabalhadores.

A pesquisa foi feita pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, em 03 obras da construção civil no município de Curitiba – Pr, as atividades estudadas em cada uma das obras foram uma betoneira, uma serra circular e um bate-estaca.

As medições foram realizadas próximas ao ouvido do trabalhador e para a mensuração da medição global fez-se uso de um decibelímetro da marca Instrutherm, modelo DEC-5010, fabricado conforme norma ANSI S1.4, IEC-651 e IEC-804. Utilizou-se também um calibrador acústico do mesmo fabricante modelo CAL – 3000, para aferição do decibelímetro antes e a após cada medição. Ambos os equipamentos possuíam certificados de calibração.

A metodologia de medição do ruído baseou-se na NR-15 e NHO-01. Destaca-se que foi medido o tempo total durante a jornada de trabalho em que o trabalhador ficava exposto a cada nível de ruído específico, caracterizando cada ciclo de

exposição para posterior cálculo da dose de exposição diária de ruído a qual o trabalhador estava exposto.

Após todos os dados coletados foram comparados os resultados com os limites de tolerância do Anexo nº 1 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente), da NR-15 e também conforme a Tabela 1 (Tempo Máximo Diário de Exposição Permissível em Função do Nível de Ruído) da NHO-01.

A metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído foi a seguinte:

Risco grave e iminente – nível de pressão sonora acima de 115 dB(A);

Risco grave – nível de pressão sonora acima de 100 dB(A) e abaixo de 115 dB(A);

Risco médio – nível de pressão sonora entre 85 dB(A) e 100 dB(A);

Risco leve – nível de pressão sonora acima de 80 dB(A) e abaixo de 85 dB(A).

4. RESULTADOS

Segundo a pesquisa referente à análise dos níveis de ruído em equipamentos da construção civil na cidade de Curitiba, realizada pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC podemos observar os seguintes resultados referentes aos equipamentos e níveis de ruídos que mais afetam os trabalhadores da Construção Civil (RODRIGUES, *et al*; 2009).

Foram coletados os dados em 03 obras da construção civil do referido estudo e identificadas pelas letras “A”, “B” e “C”.

Para cada equipamento teve seu ciclo de trabalho dividido, considerando para a betoneira enchimento, mistura e descarregamento; preparo, corte e montagem para a serra circular; e máquina desligada, movimentação e cravação da estaca para o bate-estacas.

4.1 BETONEIRAS

A betoneira é o equipamento utilizado para mistura de materiais, na qual se adicionam cargas de pedra, areia e cimento mais água, na proporção e textura devida, de acordo com o tipo de obra e muito utilizada na construção civil.



Figura 5: Betoneira
Fonte: (Imagens Google, 2015)

O ruído das betoneiras depende principalmente das condições de instalação, da potência, da capacidade volumétrica, do nível de carga (vazia, meia carga, cheia), do material trabalhado, da manutenção, entre outros aspectos. A radiação sonora é emitida pelo conjunto motor/redutor e pelos impactos dos agregados com o corpo ou parede da cuba de mistura. As betoneiras analisadas possuíam todas a mesma capacidade de produção.

Em dias de concretagem, a betoneira da obra “a” ficava ligada durante 360 minutos já descontando as pausas. O ciclo de trabalho era encher, misturar (bater) o concreto e descarregar, o que durava aproximadamente 25 minutos. Os níveis de ruído para esta betoneira, no momento em que ocorria a mistura do concreto teve uma média de 91,9 dB(A). Considerando o valor encontrado, observa-se que o mesmo ultrapassa o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo nº 1 da NR-15 e também conforme a Tabela 1 da NHO-01.

Para a betoneira da obra “b”, o ciclo de trabalho evidenciado foi o mesmo, porém o tempo total diário em que a máquina ficava ligada foi de 400 minutos, descontando-se as pausas. O ciclo durou 32 minutos e os níveis de ruído ficaram mais baixos se comparados com a betoneira da obra “a”, alcançando o valor médio de 87,88 dB(A), durante a mistura do concreto.

No caso da betoneira da obra “c”, o ciclo de trabalho foi o mesmo e apresentou um tempo de 30 minutos, ficando a máquina ligada durante 320 minutos do dia, descontando-se as pausas. O nível médio de ruído durante a mistura do concreto foi de 91,08 dB(A), bem próximo ao da obra “a” e no descarregamento do material o nível de ruído obtido (90 dB(A)) foi maior do que das outras duas betoneiras.

Considerando os valores pontuais dos níveis de ruído, no momento em que o concreto era misturado, estes ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme os limites da NR-15 e também conforme a NHO-01. Ressalta-se que durante o descarregamento das máquinas, os valores de ruído obtidos também foram preocupantes. Destaca-se que durante o enchimento das betoneiras, as mesmas permaneciam desligadas e durante o descarregamento e mistura do concreto, estas permaneciam ligadas. Ressalta-se que nenhum valor dos níveis de ruído

ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente

Diante da pesquisa realizada o item betoneira conforme Tabela 03, apresentou-se dentro dos limites de tolerância de ambas as normas, NR 15 e NHO-01, não apresentando atividade insalubre. Não se apresentaram riscos e em um dos casos com risco leve considerando a NHO-01 no valor de (82,02 dB(A)).

Considerando os valores apresentados na Tabela 05, podemos observar que os operadores das betoneiras estão submetidos a valores de doses de ruído aceitáveis, sendo que o nível de atuação recomendado para as ações de controle estão com níveis desejáveis, porém não prioritários. Assim, as tarefas executadas nas betoneiras atenderam à NR-15 e NR-9, não sendo insalubres. Atenderam também aos valores limites da NHO-01.

Tabela 5: Valores das coletas das Betoneiras

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C _e) para cada tarefa do ciclo (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas (min)	Tempo de exposição (T _e) diária permissível pela NR-15 (min)	Tempo de exposição (T _e) diária permissível pela NHO-01 (min)
Betoneira da obra "a"	enchimento	66,90	5	360	-	-
	mistura	91,90	10		180	95,24
	descarregamento	89,80	10		240	151,19
Betoneira da obra "b"	enchimento	64,07	7	400	-	-
	mistura	87,88	15		300	240,00
	descarregamento	85,00	10		480	480,00
Betoneira da obra "c"	enchimento	62,20	5	320	-	-
	mistura	91,08	15		180	95,24
	descarregamento	90,00	10		240	151,19

Fonte: UFSC,

4.2 SERRAS CIRCULARES

Serra circular é um disco ou lâmina de metal usado para cortar madeira ou outros materiais.

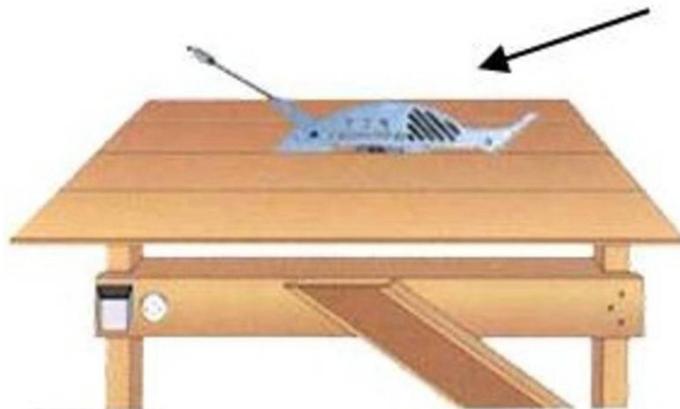


Figura 6: Serra Circular
Fonte: (Imagens Google, 2015)

Quanto às serras circulares, o ruído produzido caracteriza-se pelas altas frequências que variam com o diâmetro e a velocidade de rotação do disco, o tamanho e o perfil dos dentes, o material trabalhado e o desbalanceamento do disco.

O tempo total de exposição aos níveis de ruído são de 390, 440 e 350 minutos para as serras das obras “a”, “b” e “c” respectivamente. O ciclo de trabalho para as três serras era composto de preparo, corte e montagem da peça, e o tempo de cada uma destas etapas variou.

Verifica-se que a máquina da obra “c” foi a que levou menos tempo por ciclo. Essa diferença de tempo deve-se ao fato de que a montagem era executada por dois funcionários. Destaca-se ainda que o tempo total de exposição do trabalhador a esta máquina era de 350 minutos, 79% mais baixo do que àquele para o equipamento da obra “b”.

Os valores máximos de ruído foram obtidos no momento de corte e foram de 102,88 dB(A), 90 dB(A) e 104,63 dB(A) para as serras das obras “a”, “b” e “c” respectivamente.

Destaca-se que os valores obtidos para a serra da obra “b” foram menores provavelmente devido ao tipo de madeira que a mesma estava cortando. Para as serras das obras “a” e “c” os valores de ruído ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo nº 1 da NR-15 e também da NHO- 01. Porém, ressalta-se que nenhum valor ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente.

Percebe-se que o máximo nível de exposição diário de ruído permitido para a jornada de trabalho, NPS, já descontando as pausas, calculado em obediência à NR-15 foi de 89,56 dB(A) para a serra “a”, 71,56 dB(A) para a serra “b” e 99,97 dB(A) para a serra “c”.

Nota-se que a serra “b” apresentou valor menor do que as demais e foi a única que ficou abaixo dos 85 dB(A). Já de acordo com a NHO-01 o NPS mais alto foi de 94,04 dB(A) da serra “c”. A serra “b” de acordo com a NHO-01 também apresentou o NPS abaixo do limite de tolerância. Assim, pode-se concluir que na obra “b” não existe neste caso a caracterização da insalubridade por ruído, e a mesma também atende a NHO-01.

Em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, obteve-se como maior valor 5,81 para a NR-15 e 5,84 para a NHO-01, isto para o operador da serra da obra “c”. Ressalta-se que a dose foi maior que 1, significando que o trabalhador ficou exposto a 480% a mais do que o tempo permitido em lei, sendo uma condição insalubre, pois não estava usando nenhuma medida de controle, por exemplo, protetor auricular. A serra da obra “a” também se mostrou com dose maior que 1, para a NR-15, dose de 1,53 e 4,22 pra a NHO-01. O agente ruído foi classificado, como inaceitável para as serras das obras “a” e “c”, sendo necessárias ações de controle que variaram de urgentes a imediatas para a serra “a” e imediata para a serra “c”.

Os valores da dose encontram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático. Destaca-se que para as serras “a” e “c”, foi necessário o cálculo do nível de ação, segundo a NR-9, pois diferentemente da serra “b”, o valor da dose neste caso ultrapassou 0,5, necessitando calcular o NPS relativo ao limite de tolerância, pois, para a exposição ocupacional ao ruído, devem ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite.

Para a serra “a”, o NPS relativo ao nível de ação foi de 81,50 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância 86,50 dB(A). Com o valor do nível de ação se obteve o Nível de Redução de Ruído (NRR) no valor de 15,06 dB. Assim, em cima deste valor de NRR, conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9).

Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuie no mínimo 11,30 dB(A). Concluiu-se que a condição atual não foi de insalubridade devido ao fato do operador já estar usando protetor

auricular com atenuação dos níveis de ruído entre 22 dB(A). Para a serra da obra “c”, de acordo com os cálculos da Tabela 6, o NPS relativo ao nível de ação foi de 82,28 dB(A) e o NPS relativo ao limite de tolerância foi de 87,28 dB(A). Com o valor do nível de ação se obteve o NRR no valor de 24,69 dB(A), devendo haver um monitoramento ambiental (NR-9). Será necessário que o operador utilize o protetor auricular durante toda a jornada de trabalho que atenuar no mínimo 18,52 dB(A), visto que a condição atual foi de insalubridade pois o operador não estava usando protetor auricular para atenuar os níveis de ruído.

Referente às serras circulares, os dados coletados (tabela 04) na obra “b” não existiu a caracterização da insalubridade por ruído e também atendeu a NHO-01. A serra da obra “b” foi classificada como sem risco sonoro, portanto sem a necessidade de utilização de medidas de controle do ruído.

Já as serras das obras “a” e “c” apresentaram os níveis acima dos limites de tolerância permitidos e os riscos foram classificados como risco médio. Em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, concluiu-se que a serra da obra “a” mostrou-se com dose maior que 1 (um) para a NR-15 e também acima dos 100% estabelecido na NHO-01.

O agente ruído foi classificado como inaceitável para as serras da obra “a” e “c”, sendo necessárias ações de controle variando de urgente a imediato para a serra “a” e imediata para a serra “c”. Para a serra circular “a” conclui-se que se deve fazer um monitoramento ambiental (NR-9).

Tabela 6: Valores coletados para serras circulares

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C _a) para cada tarefa do ciclo (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas, (min)	Tempo de exposição (T _a) diária permissível em minutos - NR-15	Tempo de exposição (T _a) diária permissível em minutos - NHO-01
Serra circular da obra “a”	preparo	76,17	10	390	-	-
	corte	102,88	40		35	7,50
	montagem	85,00	47,5		480	480,00
Serra circular da obra “b”	preparo	53,13	20	440	-	-
	corte	90,00	30		240	151,19
	montagem	81,00	60		-	1209,52
Serra circular da obra “c”	preparo	70,23	10	350	-	-
	corte	104,63	20		30	4,72
	montagem	82,00	20		-	960,00

4.3 BATE-ESTACAS

O Bate Estacas é um equipamento utilizado na Construção Civil para realizar obras de Fundações e Contenções. O Bate Estacas serve para cravar estacas no solo. O aparelho compreende um martelo de queda, que pode pesar cerca de 600 a 7000 Kg, utilizado para aplicar golpes, e dispositivos de içar, que levantam o martelo de queda entre sucessivos golpes.



Figura 7: Bate Estacas
Fonte: Sete Engenharia,(2015).

O ruído do bate-estaca geralmente depende das condições da máquina, manutenção, do local de instalação, do volume de serviço, do material que está cravando, do tipo de solo, da altura de queda do martelo (geralmente entre 1,5 a 2,0m), do peso do martelo (varia entre 1,0 a 3,5 ton).

Em relação ao bate-estaca da obra “a”, seu ciclo de tarefa constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto e a cravação da estaca. Ressalta-se que o local onde este bate estaca estava, era um terreno pequeno e isso dificultava muito a locomoção da máquina. A máquina cravou 7 estacas no dia da medição.

O tempo do ciclo de cada tarefa foi 65 minutos. O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 420 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Os níveis de ruído durante a movimentação foi de 96,22 dB(A) e para a cravação foi de 101,38 dB(A). O ciclo de tarefa do bate estaca “b”

constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto, a cravação de uma estaca, outra movimentação e mais uma cravação de outra estaca. Eram cravadas 2 estacas por ciclo de trabalho. Frisase que o local onde este bate estaca estava era mais amplo que o bate-estaca “a”, dando boas condições de movimentação do equipamento.

Para a obra “b” o ciclo de cada tarefa foi de 80 minutos, ou seja, 15 minutos mais demorado que o primeiro, porém a cravação foi de duas estacas por ciclo. O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 390 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Foram cravadas 12 estacas no período de um dia de trabalho. Os níveis de ruído durante o período de movimentação e arraste da estaca foi de 96,46 dB(A) e para a cravação foi de 101,20 dB(A).

Em relação ao bate-estaca da obra “c”, o ciclo de tarefa constava de um período de descanso (máquina desligada), um período de movimentação até o ponto, a cravação de uma estaca, outra movimentação e mais uma cravação de outra estaca. Da mesma forma que o bate-estaca “b”, eram cravadas 2 estacas por ciclo de trabalho (duas estacas bem próximas). O local onde este bate estaca estava era um terreno ruim, com locomoção mais difícil e mais demorada que os outros dois equipamentos. A demora também se deve ao fato de que com apenas um ajudante o operador da máquina precisava também fazer as duas tarefas quando necessário (a de ajudante e operador). A máquina cravou 10 estacas no dia da medição dos níveis de ruído. Tem-se que o ciclo de cada tarefa foi de 80 minutos, sendo, 15 minutos mais demorado que o primeiro e o mesmo tempo que o segundo.

O tempo total de exposição do trabalhador ao ruído foi de 325 minutos durante todo o dia de trabalho, já descontando as pausas. Foi o menor tempo de exposição comparado com os outros bate-estacas analisados. Os níveis de ruído durante o período de movimentação e arraste da estaca foi de 94,91 dB(A) e para a cravação foi de 99,01 dB(A). Percebe-se que na atividade de cravação da estaca os níveis de ruído variaram de 99,01 dB(A) no bate-estaca “c” até 101,38 dB(A) no bate-estaca “a”. Assim, em todas as obras os valores ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo 1 da NR-15 e também conforme a NHO-01.

Percebe-se que o máximo nível de exposição diário a ruído permitido para a jornada de trabalho, NPS, já descontando as pausas, calculado em obediência à NR15 foi de 90,00 dB(A) para o bate- estaca “c”, 89,44 dB(A) para o bate-estaca “b”

e 87,08 dB(A) para o bate-estaca “a”. Nota-se que nenhum dos equipamentos ficou com os níveis abaixo dos 85 dB(A). Já de acordo com a NHO-01 o NPS mais alto foi de 93,73 dB(A) do bate-estacas da obra “c”. Nota-se também que a NHO-01 é mais restritiva do que a NR-15 e tem um limite de tolerância mais baixo do que a NR-15 acima do NPS de 85 dB(A). Pode-se concluir que em todas as obras poderia ser caracterizada insalubridade por ruído se o operador não estivesse usando nenhuma medida de controle como o uso de protetor auricular.

Analisando os dados nota-se que os valores da dose apresentaram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático.

Nas três obras da construção civil analisadas, os bate-estacas produziram níveis de ruído acima do aceitável. De acordo com a metodologia adotada para classificação dos riscos de ruído, os bate-estacas analisados foram classificados como de risco médio, em relação à dose de ruído equivalente a qual o indivíduo está exposto, visto que se obteve dose maior que 1 (um).

O agente ruído foi classificado como inaceitável para todos os bate-estacas analisados, sendo necessárias ações de controle variando de urgente, para a NR-15, a imediato, para a NHO-01.

Percebe-se também que os valores da dose para os bate-estacas apresentaram-se acima do nível de ação que é de 0,5 (NR-9), devendo ser objeto de controle sistemático. Destaca-se que para todos os equipamentos foi necessário o cálculo do nível de nível de ação, segundo a NR-9, pois os valores de dose ultrapassaram 0,5. O cálculo do NPS relativo ao limite de tolerância apresentou-se como necessário pois, para a exposição ocupacional ao ruído, devem ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído ultrapassem o limite de tolerância.

Tabela 7: Valores referente a bate estacas

Máquina	Ciclo da tarefa	Nível de ruído médio observado dB(A)	Tempo efetivo de exposição (C_n) para cada tarefa do ciclo, (min)	Tempo total de exposição descontando as pausas, (min)	Tempo de exposição (T_n) diária permissível em min. - NR-15	Tempo de exposição (T_n) diária permissível em min. - NHO-01
Bate-estaca da obra "a"	máquina desligada	54,68	5	420	-	-
	movimentação	96,22	35		75	30,00
	cravação da estaca	101,38	25		45	9,44
Bate-estaca da obra "b"	máquina desligada	60,16	15	390	-	-
	movimentação	96,46	25		75	30,00
	cravação da estaca	101,2	40		45	9,44
Bate-estaca da obra "c"	máquina desligada	58,57	15	325	-	-
	movimentação	94,91	20		120	47,62
	cravação da estaca	99,01	45		60	15,00

Fonte: UFSC

Desta forma podemos destacar que nas três obras analisadas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) os valores pontuais de ruído ultrapassaram o limite de tolerância de 85 dB(A) para a exposição máxima de 8 horas durante a jornada de trabalho conforme o Anexo 1 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente), da NR-15 e também conforme a Tabela 1 (Tempo Máximo Diário de Exposição Permissível em Função do Nível de Ruído), da NHO-01.

Ressalta-se que nenhum valor medido e calculado ultrapassou os 115 dB(A), valor estabelecido como limite na NR-15 para risco grave e iminente, sem proteção adequada, e também estabelecido como limite de exposição valor teto na NHO-01.

5. CONCLUSÃO

O estudo baseou-se no aumento dos níveis de ruídos nos ambientes de trabalho, devido o desenvolvimento da indústria da construção. O bem-estar físico e mental do trabalhador é fundamental para o bom desempenho de suas tarefas, tanto na atividade profissional, quanto na vida social. Para promover isso foram criadas normas e limites para os diversos tipos de ruídos. Cabe salientar que para medir a intensidade sonora, em decibéis (dB), existem dois aparelhos: o dosímetro de ruído e o decibelímetro.

A Norma Regulamentadora 15, do Ministério do Trabalho, estabelece o limite de 85 dB para a exposição dos trabalhadores aos diversos ruídos ocupacionais, num período de 8 horas diárias. A Organização Mundial da Saúde considera que o som não deve ultrapassar 50 dB, para não causar prejuízos ao ser humano; a partir daí, os efeitos negativos começam e alguns problemas podem ocorrer em curto prazo. Sabe-se que sons acima dos 65 dB podem contribuir para aumentar os casos de insônia, estresse, comportamento agressivos e irritabilidade; e superiores a 75 dB podem gerar problemas de surdez e provocar hipertensão arterial. Observa-se que o trabalhador exposto a níveis elevados de ruído, por longos períodos de tempo, pode acarretar em perda auditiva e comprometimento físico, mental e social. Esse elevado nível de pressão sonora também pode provocar dificuldade de concentração, diminuição do rendimento, aumento da ocorrência de erros, maior número de acidentes de trabalho e diminuição da produtividade em geral.

A nocividade à exposição ao ruído está relacionada com a frequência, o tempo de repouso acústico, a intensidade da pressão sonora, os anos efetivos de exposição e a susceptibilidade do indivíduo. Trabalhadores que atuam expostos a ruídos, sem usar equipamentos de proteção individual (EPIs), e que não repousam auditivamente, entre as jornadas de trabalho, podem adquirir mudança permanente do limiar, tendo a quantidade do som diminuída e a qualidade afetada. A exposição contínua ao ruído pode causar o trauma acústico, a perda auditiva induzida por ruído e a surdez permanente.

No estudo realizado foi identificado algumas das atividades ruidosas prejudiciais ao ouvido humano, sendo a atividade desenvolvida na betoneira, serra circular e bate-estacas, possuindo outras atividades que também desenvolvem e agravam o ruído no ambiente de trabalho. Para que aja uma redução dos efeitos do ruído no organismo é preciso seguir basicamente as três maneiras de controle de ruído sendo elas: Medida de controle na fonte, na trajetória e no homem. Dentre as medidas recomendadas para um bom desenvolvimento das atividades e de forma segura destacamos a Substituição do equipamento por outro mais silencioso; Balanceamento e equilíbrio das partes móveis; Lubrificação eficaz dos rolamentos, mancais, etc; Redução dos impactos na medida do possível; Alteração do processo; Programação das operações de forma que permaneça o menor número de máquinas funcionando simultaneamente; Aplicação do material de modo a atenuar as vibrações; Regulação dos motores; Evitar a propagação - por meio de isolamento; Conseguir um máximo de perdas energéticas por absorção; Protetores auriculares; Limitação do tempo de exposição.

Portanto, para que não se tenha redução das perdas auditivas relacionadas ao trabalho, é necessária a melhoria do ambiente laboral, com a eliminação ou minimização dos riscos existentes. Paralelamente, devem ser implantadas medidas de proteção, tais como o uso de protetores auditivos, bem como a capacitação dos trabalhadores para o uso deste EPIs. Ademais, diminuir o tempo de exposição do trabalhador ao barulho, reduzir o ruído na sua fonte e a manutenção de um programa de conservação auditiva, entre outros fatores, é uma forma de organizar as medidas a serem adotadas.

REFERENCIAS

ANDRADE, Stella Maris Melazzi. **Metodologia para Avaliação de Impacto Ambiental Sonoro da Construção Civil no Meio Urbano**. Rio de Janeiro, 2004. Tese (Doutorado) –Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Disponível em:<http://www.coc.ufrj.br/teses/doutorado/inter/2004/Teses>. Acesso: 25 de junho de 2014.

ARAÚJO, Nelma Miriam Chagas de. **Custos de implantação do PCMAT (Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção) em obras de edificações verticais – um estudo de caso**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Portaria nº 04, de 04 de julho de 1995. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-18-1.htm>. Acesso em: 24 nov. 2014

BENSOUSSAN, Eddy; ALBIERI, Sérgio. **Manual de Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho**. São Paulo; Rio de Janeiro; Belo Horizonte: Editora Atheneu, 1999.

CEZAR, Cleomar G. Et al. **Prevenção de Acidentes para Componentes de CIPA**. 2 ed. Porto Alegre, 1999.

DAHMER, Seli N. **O ambiente de trabalho e suas interferências na saúde do trabalhador**. Concórdia: Universidade do Contestado, 2000. (Monografia do curso de Ciências Biológicas)

DAHMER, Seli N. **Estudo dos níveis de Ruído nas Vias Públicas da Cidade de Concórdia**, Santa Catarina, 2004.

GERGES, Samyr. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, 1992, 600p. 1ª ed.

GERGES, Samir. N. Y. **Ruído. Fundamentos e Controle**. 2ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª edição rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas da Construção Civil**. Rio de Janeiro: 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 02 nov. 2006.

IPEA, IBGE e FGV-Consult. **Informalidade na Construção Civil**. Conjuntura da Construção, Ano 3, N. 3, Setembro de 2005. Disponível em:

<http://www.cbicdados.com.br/constructnumeros2.asp>. Acesso em: 20 de junho 2014

KROEMER, K.H.E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5. Ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2005.

HAAG, Guadalupe S. LOPES, Marta J. M. SCHUCK, Janete S. A Enfermagem e a Saúdedos Trabalhadores. 2 ed. Goiânia: AB, 2001.

MESQUITA, Luciana Sobreira de. **Gestão da segurança e saúde no trabalho: um estudo de caso em uma empresa construtora**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

MEDEIROS, José A.D. M e Rodrigues, Celso L.P, 2011 **A existência de riscos na indústria da construção civil e sua relação com o saber operário**, 2011.

Norma Regulamentadora NR-15. Manual de Legislação Atlas. 59ª. Edição, 2006b.

Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 -Avaliação da exposição ocupacional ao ruído, FUNDACENTRO, 2001.

PIMENTEL-SOUZA, Fernando. Efeitos da Poluição sonora no sono e na saúde em geral-ênfase urbana. **Revista Acústica e Vibrações**. Belo Horizonte, v.10,p.11-22,1992.

Portal Educação, **Equipamento de Proteção Coletiva (EPC)**, 28 de fevereiro de 2013, com acesso em 24/01/2015

<http://www.portaleducacao.com.br/enfermagem/artigos/36201/equipamentos-de-protecao-coletiva-epc>.

SANTOS, Ubiratan de Paula(org.) **Ruídos: riscos e prevenção**. 2 ed. São Paulo. Hucitec,1996.

SELIGMANN, José el al. **PAIR: Perda auditiva induzida pelo ruído**. Porto Alegre, Bagagem Comunicação,1997.

SANTOS, C. A. C.; SILVA, P. R. P. **Ruído Industrial – Causas e Efeitos em Indústrias Madeireiras**. Curitiba: 2000. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná

NASCIMENTO, Carlos <http://ssmaemfoco.blogspot.com.br/2014/05/incremento-de-duplicacao-de-dose-ruído.html>, 2015; Acesso em 13/02/2015

RODRIGUES, Patricia, *et al*; **Análise dos Níveis de Ruído em Equipamentos da Construção Civil na cidade de Curitiba**, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2009.

WACHOWICZ, Marta Cristina. **Segurança, Saúde & Ergonomia**. Curitiba, Editora IBPEX, 2007.

WICTOR, Ieda Claudia. **Estudo ergonômico e avaliação dos níveis de ruído em uma empresa de beneficiamento de erva mate**, Canoinhas, 2013.

APENDICES

Tabela 1. Tempo máximo diário de exposição permitível em função do nível de ruído

Nível de ruídoB(A)	Tempo máximo diário permitível (Ta) (minutos)
80	1.523,90
81	1.209,52
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00

Tabela 1. Tempo máximo diário de exposição permitível em função do nível de ruído (continuação)

Nível de ruídoB(A)	Tempo máximo diário permitível (Ta) (minutos)
95	47,62
96	37,79
97	30,00
98	23,81
99	18,89
100	15,00
101	11,90
102	9,44
103	7,50
104	5,95
105	4,72
106	3,75
107	2,97
108	2,36
109	1,87
110	1,48
111	1,18
112	0,93
113	0,74
114	0,59
115	0,46

ANEXOS

NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

ANEXO N.º 1

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

NÍVEL DE RUÍDO dB (A) MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

1. Entende-se por Ruído Contínuo ou Intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.

2. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

3. Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados no Quadro deste anexo.

4. Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.

5. Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

6. Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das seguintes frações:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

exceder a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância.

Na equação acima, C_n indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, e T_n indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo o Quadro deste Anexo.

7. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.