

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

**LEANDRO SOPCHAKI
RENAN BALLEGO BARREIROS**

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM BETONEIRAS E PROPOSTA
DE ATENUAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

LEANDRO SOPCHAKI
RENAN BALLEGO BARREIROS

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM BETONEIRAS E PROPOSTA
DE ATENUAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em engenharia de produção civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil / DACOC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

CURITIBA

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

***ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM BETONEIRAS E
PROPOSTA DE ATENUAÇÃO***

Por

LEANDRO SOPCHAKI
RENAN BALLEGO BARREIROS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e
aprovado em 02 de Outubro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Rodrigo Eduardo Catai, Dr.
UTFPR

Prof. Cezar Augusto Romano, Dr.
UTFPR

Prof. *Massayuki* Mário Hara, MSc.
UTFPR

Prof. *Luisa* Helena Fernandes, MSc.
UTFPR

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aqueles que nos ajudaram a dar mais um passo nas nossas vidas, que contribuíram com o seu conhecimento, tempo e paciência.

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai, por ter guiado nosso caminho e pelo auxílio do Prof. Dr. Alfredo Iarozinski e da Profa. Janine Nicolosi Correa, sem os quais esse trabalho não teria sido realizado.

Agradecemos também ao Alessandro e a empresa Revescor que nos forneceu sem custos o Látex – Ecolast.

RESUMO

A audição é um dos sentidos mais importantes que existe, graças a ele é que as pessoas se comunicam, interagem e percebem os perigos. Com base na grande importância da audição é que esta pesquisa foi desenvolvida, com o objetivo de se atenuar o ruído gerado por betoneiras de tal forma que os operadores possam trabalhar de forma segura. A atenuação foi realizada com dois tipos diferentes de materiais atenuadores, o EVA de baixíssimo custo e o Látex Líquido com grandes propriedades atenuadoras. Os resultados obtidos mostraram que o ruído foi atenuado nos dois casos, porém com o Látex Líquido o resultado foi surpreendente: o ruído ficou abaixo do nível alegado por normas como perigoso para uma jornada de trabalho superior a oito horas.

Palavras-chave: Ruído; Betoneira; Revestimentos atenuadores de ruído.

ABSTRACT

Hearing is one of the most important senses that exist, thanks to it that's how people communicate, interact and realize the dangers. Based on the importance of hearing is that this research was developed with the aim to reduce the noise generated by concrete-mixers so that operators can work safely. The attenuation was performed with two different types of attenuating materials, EVA because have a low cost and high liquid latex because have attenuating properties. The results showed that noise was attenuated in both cases, but with the Liquid Latex result was amazing: the noise was below the level claimed by dangerous standards for a workday of eight hours.

Key-Words: Noise; Concrete-Mixer; Coatings noise attenuators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação de pressão sonora	14
Figura 2 - Exemplos de ondas sonoras (tom puro e ruído).	15
Figura 3 - Curvas de compensação.	18
Figura 4 - Ponderação de tempo.....	20
Figura 5 - Alguns exemplos de intensidade sonora.....	27
Figura 6 - Risco de perda auditiva de acordo com a idade	28
Figura 7 - Estrutura do ouvido humano	29
Figura 8 - Localização biauricular.....	31
Figura 9 - Posição do medidor de pressão sonora em relação à betoneira	38
Figura 10 - Betoneira sem revestimentos acústicos	42
Figura 11 - Tampa	46
Figura 12 - Betoneira com preparação de revestimentos acústicos (EVA)	46
Figura 13 - Betoneira com revestimentos acústicos (EVA)	47
Figura 14 - Betoneira com revestimentos acústicos (Látex).....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Medições preliminares sem concreto.	43
Gráfico 2 - Medições preliminares com concreto.	45
Gráfico 3 - Medições com atenuador EVA sem tampa e sem concreto.	48
Gráfico 4 - Medições com atenuador EVA com tampa e sem concreto.	49
Gráfico 5 - Medições com atenuador EVA sem tampa e com concreto.	50
Gráfico 6- Medições com atenuador EVA com tampa e com concreto.	51
Gráfico 7 - Medições com atenuador látex sem tampa e sem concreto.	52
Gráfico 8 - Medições com atenuador látex com tampa e sem concreto.	53
Gráfico 9 - Medições com atenuador látex sem tampa e com concreto.	54
Gráfico 10 - Medições com atenuador látex com tampa e com concreto.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Correções do nível de pressão sonora total para níveis de pressão sonora em bandas de oitava de motores com potência até 300kW	21
Quadro 2 - Correções do nível de pressão sonora total para níveis de pressão sonora em bandas de oitava de motores com potência até 300kW	22
Quadro 3 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.....	23
Quadro 4 - Níveis de pressão sonora máximos segundo a lei municipal nº 10.625..	24
Quadro 5 - Níveis de pressão sonora máximos para serviços da construção civil segundo a lei municipal nº 10.625.....	25
Quadro 6 - Tabela prática de traços de concreto para uso em obras baseado no método ABCP.....	36
Quadro 7 - Matriz de avaliação das ideias (oportunidades).....	39
Quadro 8 - Matriz de avaliação dos materiais acústicos	41
Quadro 9 - Medições preliminares sem concreto.....	43
Quadro 10 - Medições preliminares com concreto.....	44
Quadro 11 - Medições com atenuador EVA sem tampa e sem concreto.....	47
Quadro 12 - Medições com atenuador EVA com tampa e sem concreto.....	48
Quadro 13 - Medições com atenuador EVA sem tampa e com concreto.....	49
Quadro 14 - Medições com atenuador EVA com tampa e com concreto.....	50
Quadro 15 - Medições com atenuador látex sem tampa e sem concreto.....	52
Quadro 16 - Medições com atenuador látex com tampa e sem concreto.....	53
Quadro 17 - Medições com atenuador látex sem tampa e com concreto.....	54
Quadro 18 - Medições com atenuador látex com tampa e com concreto.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVO.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivo Específico.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 RESFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO.....	14
2.1 SOM.....	14
2.2 RUÍDO.....	15
2.2.1 Classificação de Ruído.....	16
2.2.2 Intensidade Sonora e Nível de Intensidade Sonora.....	17
2.2.3 Pressão Sonora e Nível de Pressão Sonora.....	17
2.2.4 Nível Equivalente de Ruído (Leq).....	19
2.2.5 Formas de Medição do Ruído.....	19
2.3 RUÍDO DE MOTORES ELÉTRICO.....	20
2.3.1 Ruído de Motores Elétricos até 300kW.....	20
2.3.2 Ruído de Motores Elétricos acima de 300kW.....	21
2.4 LEGISLAÇÕES SOBRE O RUÍDO.....	22
2.5 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO.....	25
2.5.1 O Ouvido Humano.....	29
2.5.2 Representação Matemática da Sensação Provocada pelo Som.....	30
2.5.3 Localização Biauricular.....	31
2.6 MEDIDAS PREVENTIVAS DE CONTROLE DO RUÍDO.....	31
2.6.1 Controle de Ruído na Fonte.....	32
2.6.2 Controle de Ruído na Trajetória.....	33
2.6.3 Controle de Ruído no Homem.....	33
2.6.3.1 Protetores Auriculares.....	34
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	35
3.1.1 Medidor de Nível de Pressão Sonora.....	35
3.1.2 Betoneira.....	35
3.1.3 Traço do concreto.....	35
3.2 CONDIÇÕES DE MEDIÇÃO.....	36
3.3 PROCEDIMENTOS ADOTADOS NAS MEDIÇÕES.....	36
3.3.1 Realização das Medições.....	37
3.3.1.1 Seleção dos Materiais Atenuadores.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 SELEÇÃO DOS MATERIAIS ISOLANTES ACÚSTICOS.....	40
4.2 MEDIÇÃO SEM ISOLANTES ACÚSTICOS.....	42

4.3 MEDIÇÃO COM ISOLANTES ACÚSTICOS	45
4.3.1 Isolante EVA.....	46
4.3.2 Isolante Látex	51
5 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O cenário de construção civil brasileira está crescendo nos últimos anos. Desde 2004 nota-se um crescimento significativo, estando acima do crescimento econômico do país. Além disso, o governo vem incentivando o setor com políticas fiscais tais como redução de IPI em alguns materiais. Esses fatores, e outros, foram decisivos para o “boom” da construção civil (MIRANDA, 2011).

É de consentimento comum que na construção civil não existe uma preocupação dos funcionários com relação a fatores ergonômicos e de segurança. Essa negligência implica em afastamento de operários por desgastes físicos, amputamentos ou até mesmo óbitos.

De entre os vários problemas a que os operários da construção civil estão submetidos, o ruído está apontado como um dos mais problemáticos para os operários e a vizinhança, em virtude da utilização de inúmeras máquinas e equipamentos na execução das atividades da construção civil, estes geram sons com determinadas características, que estão susceptíveis a incomodar ou perturbar os envolvidos (operários ou vizinhos), ou causar efeitos psicológicos e fisiológicos adversos sobre os mesmos (GILCHRIST e ALLOUCHE, 2003).

Segundo Maia (2001), na grande maioria, os trabalhadores da construção civil não tem acesso à proteção adequada para manter sua saúde física, principalmente nas pequenas obras, dentre os problemas a que os trabalhadores estão submetidos, pode-se destacar os causados pelo ruído excessivo, que podem ser de ordem física como a perda auditiva temporária ou definitiva e a dificuldade na comunicação; ou de ordem psíquica como o estresse e a falta de concentração.

Pelos motivos apresentados acima este trabalho defende que devem ser realizadas muitas pesquisas sobre os malefícios dos equipamentos sobre os operários da construção civil em especial na área da audição e esta pesquisa vem identificar o nível de pressão sonora (ruído) gerado por uma betoneira, verificando a extensão dos riscos a audição dos operários e apresentar, testar alternativas para a redução deste ruído.

O estudo principal será focado na utilização de materiais para a redução do ruído gerado pelo tambor de uma betoneira durante o preparo do concreto, e será dividido em duas frentes: a primeira irá testar alguns materiais isolantes acústicos

sobre a superfície do tambor, enquanto a segunda focará no desenvolvimento de uma tampa fixável ao bocal do tambor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal analisar os níveis de ruído em betoneiras e criar uma proposta para sua atenuação.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Determinar os níveis de ruído de betoneira durante a mistura do concreto;
- Desenvolver e implementar um sistema de revestimentos para atenuar o ruído na betoneira;

1.2 JUSTIFICATIVAS

Sabendo que o ruído é um dos principais fatores causadores de estresse e de dificultar a convivência e a socialização entre as pessoas (SALIBA, 2009), o ruído não deve ser encarado como um perigo secundário às pessoas.

Os níveis de ruído mais frequentes detectados pelo ouvido humano, variam na de 10-140 decibel dB(A), mas quando ultrapassam os 60 dB(A) começam a ser incômodos e acima de 100 dB(A) assumem graus extremos de perigo, sendo o valor de 140 dB(A) o limiar de dor física (FOREMAN, 1995). Na construção civil, os níveis sonoros gerados pelas atividades que a caracterizam são frequentemente superiores a 75 dB(A) (BURGESS e LAI, 1999). Segundo Gilchrist e Allouche (2003) uma série de valores de níveis de ruído compreendida entre 73 dB(A) e 100 dB(A), são registrados a 15 metros de distância para uma série de equipamentos usados na construção. Ainda segundo a NR-15 (BRASIL, 2010a) um indivíduo

submetido a um nível de pressão sonora superior 85 dB(A) em uma jornada de 8 horas ou mais pode apresentar perda auditiva seja ela temporária ou definitiva.

A elaboração desta pesquisa se faz necessária devido à pequena quantidade de estudos com relação aos malefícios dos equipamentos sobre os operários da construção civil em especial a uma máquina de grande importância na construção civil brasileira, a betoneira. Além disso, ainda existe uma grande lacuna em soluções realistas e aplicáveis em campo para a diminuição do ruído produzido durante o preparo do concreto.

Outro motivo é a falta de consciência dos trabalhadores na construção civil sobre os riscos da exposição contínua a um som de alto nível de pressão, com isso os trabalhadores tendem a ignorar os protetores auriculares acreditando que aquele “pequeno” ruído não pode lhes fazer mal.

Por fim pode-se destacar que o controle do ruído no homem deve ser feito apenas em último caso, quando não existirem soluções viáveis de controle na fonte ou na trajetória, por isso é importante a busca por novas soluções (SALIBA, 2009).

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO

2.1 SOM

Segundo Fantini Neto (2010), baseado em conceitos físicos de consentimento comum, o som é a energia vibratória que se propaga apenas em meio elástico (gasoso, líquido ou sólido), através de ondas que comprimem e descomprimem as moléculas.

O som é originado de vibrações mecânicas que se propagam no ar e acabam atingindo o sistema auditivo do indivíduo. E, se esta vibração tiver capacidade para atingir e estimular o aparelho auditivo é definida como sendo uma vibração sonora. Desta forma, o som é definido como qualquer vibração, conjunto de vibrações, ondas mecânicas ou ainda variação de pressão sonora que podem causar a sensação de audição (SALIBA, 2009). Na Figura 1 pode-se visualizar um desenho esquemático da variação sonora, o som se propagando ao vibrar uma lâmina.

Existem dois extremos de variação de pressão sonora: a variação de pressão sonora detectável mínima para o sistema audível humano que é de ordem 0,00002 Pa, denominada variação de pressão de limiar de audição e a variação de pressão sonora de 200 Pa que é capaz de provocar dor, denominada assim como limiar da dor. (BISTAFA, 2011).

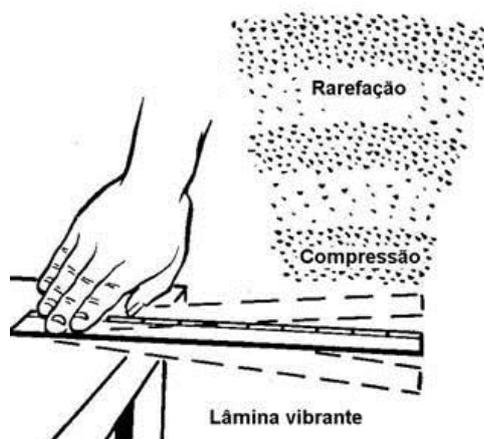


Figura 1 – Variação de pressão sonora
Fonte: Panzera (2009)

Ainda segundo Bistafa (2011), o som possui outras naturezas além da pressão sonora, o período, frequência. O período (T) é denominado o intervalo de tempo para que se complete o ciclo do som, de ponto de alta pressão a alta pressão ou vice-versa, e a frequência que é conhecida como o inverso do período ($1/T$), estas duas naturezas são fundamentais para a identificação, classificação do som e a entender cada um deles. Abaixo na Figura 2 estão apresentados exemplos de formas de som, e ruído. Onde o “tom puro” emitido pelo diapasão é classificado em conceitos físicos como som e os outros como ruído.

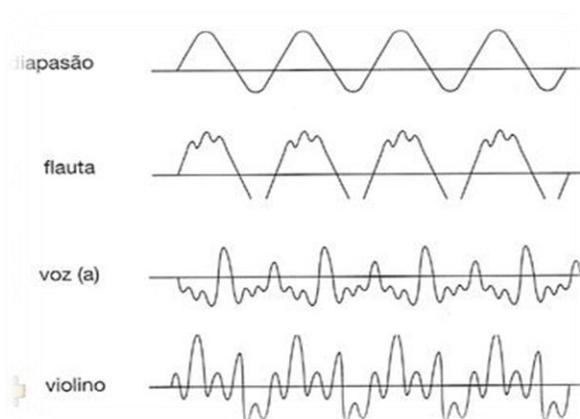


Figura 2 – Exemplos de ondas sonoras (tom puro e ruídos)
Fonte: Adaptado de Panzera (2009)

De acordo com Barbosa Filho (2001), o som tanto pode trazer sensações agradáveis como desagradáveis, neste segundo caso o som assume a denominação de ruído.

2.2 RUÍDO

Segundo Lida (2005), fisicamente, o ruído é uma mistura de vibrações, medidas em uma escala logarítmica, em uma unidade chamada decibel. Acima do limiar da percepção dolorosa pode-se produzir danos ao aparelho auditivo. Grandjean (1998), afirma que certos sons não afetam ou perturbam as pessoas até um certo limite, porém quando elevados, tornam-se perturbadores e incômodos, passando a ser definidos como ruído.

É importante citar que cada autor define o ruído de uma forma diferente. De acordo com Gerges (2000), ruído é a sensação que corresponde a uma variação aleatória da pressão acústica, podendo esta variação achar-se acompanhada de alguns sons mais ou menos musicais.

Para Lida (2005), o ruído é considerado um som indesejável, no entanto, o autor faz uma ressalva para esse conceito, considerando este como subjetivo e pessoal, pois um mesmo ruído pode ser incomodo para um indivíduo, e ao mesmo tempo não ser para outro, ou até mesmo variar entre incomodo e aceitável em ocasiões diferentes.

Já Saliba (2009) define o ruído como um som desagradável e indesejável, descrevendo que o mesmo é um fenômeno físico vibratório em função da frequência, ou seja, para uma determinada frequência podem existir, de forma aleatória devido ao tempo, variações de diferentes pressões.

Verdussen (1978) relata que o ruído pode afetar o homem tanto física como psicologicamente, causando lesões irreversíveis. E diz que é comum se encontrar ambientes onde os níveis limite de conforto ou mesmo de segurança de ruído são ultrapassados.

2.2.1 Classificação de Ruído

Segundo Saliba (2009) os ruídos podem ser classificados em três tipos:

- Ruído contínuo: é aquele cujo nível de pressão sonora varia ± 3 dB(A) em um período de observação acima de 15 minutos. Como exemplos têm-se a chuva, compressores, ventiladores, motores elétricos.
- Ruído intermitente: é aquele cujo nível de pressão sonora varia ± 3 dB(A) em um período de tempo menor que 15 minutos e superior a 0,2 segundos. Como exemplos têm-se afiação de ferramentas, soldagem, trânsito de veículos.
- Ruído de impacto ou impulsivo: é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, com intervalos superiores a um segundo. São ruídos provenientes de explosões, prensas, bate-estacas.

Para fins de avaliação quantitativa do ruído, as normas sobre este assunto não diferenciam o ruído contínuo do intermitente.

2.2.2 Intensidade Sonora e Nível de Intensidade Sonora

A intensidade sonora é a potência da energia de vibração sonora que atinge uma determinada superfície. Pode ser definida em termos de unidade de potência por unidade de área (W/cm^2). O limiar da audição humana é igual a $10^{-16} W/cm^2$ (IIDA, 2005).

O Nível de Intensidade Sonora (NIS) é a intensidade sonora medida em decibel (dB(A)), refere-se à relação logarítmica entre a intensidade sonora em questão e a intensidade de referência. Matematicamente o NIS é definido segundo a Equação 1 (GERGES, 2000).

$$NPS = 10 \times \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) (dB) \quad (Eq. 1)$$

onde:

I é a intensidade sonora de um som. (NIS)

I_{ref} é o limiar da audição humana (10^{-16}). (W/cm^2)

2.2.3 Pressão Sonora e Nível de Pressão Sonora

A pressão sonora é a força exercida pelas partículas no meio de propagação sobre uma unidade de área, é medida em Pascal ($Pa = N/m^2$). O Nível de Pressão Sonora (NPS) é expresso em dB(A) e refere-se a relação logarítmica entre duas pressões, uma delas tomada como referência (MAIA, 2001).

Conforme Saliba (2009), o NPS expressa a relação entre a pressão real e a de referência. A Equação 2 define o NPS.

$$NPS = 20 \times \log \left(\frac{P}{P_0} \right) (dBA) \quad (Eq. 2)$$

Onde:

P é a raiz média quadrática das variações dos valores instantâneos da pressão sonora. (N/m^2)

P_0 é a pressão de referência que corresponde ao limiar de audibilidade (2×10^{-5}) (N/m^2).

Destaca-se que um som pode possuir diversos NPS, conforme a faixa de frequência em que ele é captado e para cada frequência captada o ouvido apresenta uma sensação auditiva diferente. O organismo realiza uma integração de todos estes NPS. Com pesquisas, chegou-se a duas curvas de integração que mais se aproximam da sensação humana, caracterizando as curvas de compensação ou curvas de ponderação. A curva "A" é utilizada para ruídos contínuos ou intermitentes, e a curva "C" utilizada para medição de ruídos de impacto. As demais curvas (B, D) são utilizadas conforme as necessidades de aplicação de normas de controle de exposição ao ruído (FANTINI NETO, 2010). A Figura 3 apresenta o gráfico das curvas de compensação existentes.

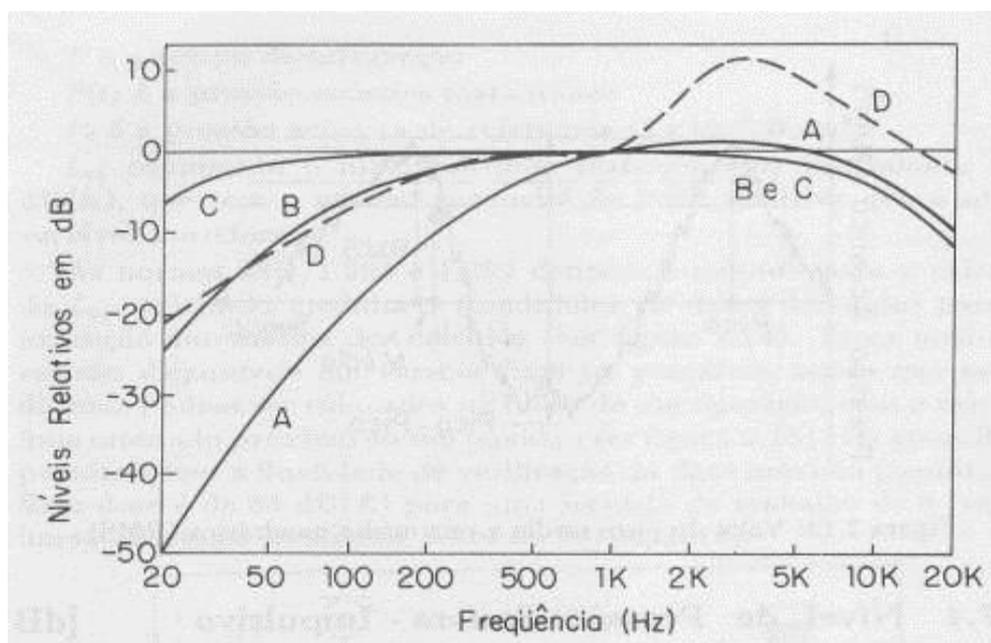


Figura 3 - Curvas de compensação
Fonte: Gerges (2000)

2.2.4 Nível Equivalente de Ruído (Leq)

Um parâmetro importante para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído é o nível equivalente de ruído (Leq). Como os níveis de ruído variam de maneira não linear no tempo, utiliza-se medir o nível equivalente, expresso em dB(A), que representa a média da energia durante um intervalo de tempo (MAIA, 2001).

Para Bistafa (2011), o nível equivalente de ruído é um nível estacionário, que se equivale em energia a um ruído natural, no mesmo intervalo de tempo onde pode ser visto a representação em fórmula na Equação 3.

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p \frac{t}{10}} dt \right] (dBA) \quad (Eq. 3)$$

Onde:

T é o instante de tempo;

L_p é o nível sonoro no instante t;

T é o intervalo de tempo de registro.

2.2.5 Formas de Medição do Ruído

A medição dos níveis de ruído permite a avaliação precisa das condições ambientais e são importantes ferramentas de diagnóstico nos programas de controle de ruído (GERGES, 2000).

Os medidores de níveis de pressão sonora (NPS) instantâneos, comumente são conhecidos como decibelímetro. São encontrados com circuitos nas curvas de compensação A, B, C e D e tem resposta lenta e rápida. Os mais simples possuem somente leitura nas curvas A e C (SALIBA, 2009). Segundo a Norma Regulamentadora (NR) nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, os ruídos contínuos e intermitentes devem ser medidos com equipamento ajustado na curva "A" e com resposta "lenta ou *slow*". Já os ruídos de impacto devem ser medidos com o equipamentos na curva "C" e resposta "rápida ou *fast*" (BRASIL, 2010a). De acordo com Bistafa (2011) o utilizamos a curva "A" pois é a curva que

mais se aproxima das condições do ouvido humano, porém o autor reforça que essa curva é válida para ruídos de baixa e média pressão, com ruídos de alta pressão a curva que mais se aproxima do ouvido humano é a curva “C”.

Ainda segundo Bistafa (2011) a ponderação do tempo é fundamental para ser analisado o ruído, pois o mesmo apresenta grande variação em curto espaço de tempo como pode ser observado na Figura 4.

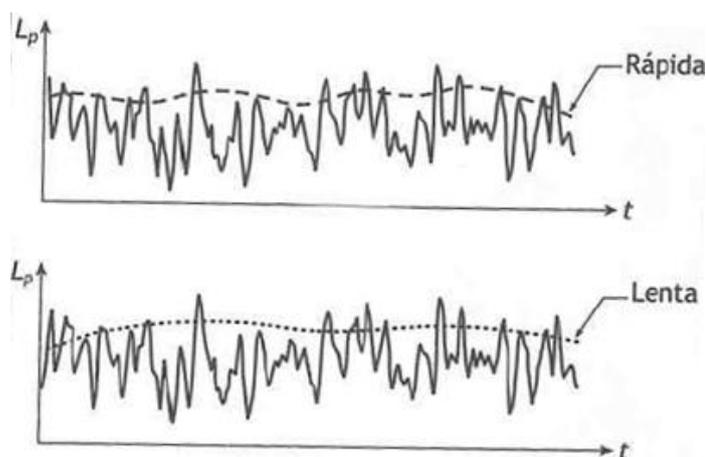


Figura 4 – Ponderação de tempo
Fonte: Bistafa (2011)

Saliba (2009) ressalta que antes e após cada medição deve ser utilizado um calibrador acústico para aferir o decibelímetro. Este instrumento é indispensável nas avaliações de ruído, pois faz a aferição dos medidores, garantindo precisão nas medições. Consiste em uma fonte sonora que emite um tom puro em 1000 Hz, emitindo um som de 114 dB(A) ou 94 dB(A), sua precisão varia de acordo com o aparelho, mas em média é de ± 5 dB(A).

Destaca-se que para fins de padronização dos procedimentos de medição de um ruído ambiental deve ser utilizada a NBR 10151, que estabelece que o ruído ambiental deve ser medido a 1,2 metro de distância vertical do chão e a pelo menos 2,0 metros de distância de paredes, muros entre outros (ABNT, 2000).

2.3 RUÍDO DE MOTORES ELÉTRICOS

2.3.1 Ruído de Motores Elétricos até 300 kW

O nível de pressão sonora emitido por motores elétricos pode ser medido a uma distância de um metro e calculado como mostrado nas Equações 4 e 5,

motores elétricos com ventoinhas geram 5 dB(A) a mais de pressão sonora que motores à prova de respingos.

Até 40 kW;

$$L_p = 17 \log kW + 15 \log RPM + 17dB \text{ (dB)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Acima de 40 kW;

$$L_p = 10 \log kW + 15 \log RPM + 28dB \text{ (dB)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Para motores de bandas de oitava, o nível de pressão sonora poderá ser obtido relacionando o valores calculado nas Equações 4 e 5, e correlacionados com o Quadro 1

Frequência central da banda de oitava (Hz)	Correção (dB)	
	Motor enclausurado e motor com ventoinha	Motor à prova de respingos
31,5	- 14	- 9
63	- 14	- 9
125	- 11	- 7
250	- 9	- 7
500	- 6	- 6
1.000	- 6	- 9
2.000	- 7	- 12
4.000	- 12	- 18
8.000	- 20	- 27

Quadro 1 – Correções do nível de pressão sonora total para nível de pressão sonora em bandas de oitava de motores com potência até 300kW
Fonte: Bistafa (2011)

2.3.2 Ruído de Motores Elétricos acima de 300 kW

O nível de pressão sonora emitido por motores elétrico de 750 a 4000 kW pode ser obtidos através do Quadro 2. No caso dos motores especiais que estão

entre as potências mencionadas, devem ser admitidos outros valores que estão relacionados a seguir:

- Motores de baixa rotação – O valor da pressão sonora será igual ao valor da tabela diminuído até 5 dB(A);
- Motores de alta rotação – O valor da pressão sonora será igual ao valor da tabela acrescido até 15 dB(A).

Para motores de potência entre 300 kW e 750 kW deve ser adotado o valor do Quadro 2 diminuído 3 dB(A). Para motores com potência acima de 4000 kW devem ser adotados os valores do Quadro 2 porém acrescidos de 3 dB(A).

Frequência central da banda de oitava (Hz)	Rotação (rpm)				
	1.800 e 3.600	1.200	900	720 e abaixo	250 e 400 (vertical)
31,5	94	88	88	88	86
63	96	90	90	90	87
125	98	92	92	92	88
250	98	93	93	93	88
500	98	93	93	93	88
1.000	98	93	96	98	98
2.000	98	98	96	92	88
4.000	95	88	88	83	78
8.000	88	81	81	75	68

Quadro 2 – Correções do nível de pressão sonora total para nível de pressão sonora em bandas de oitava de motores com potência acima de 300kW
Fonte: Bistafa (2011)

2.4 LEGISLAÇÕES SOBRE RUÍDO

O Ministério do Trabalho e Emprego faz uso de duas normas regulamentadoras para regulamentar os valores de ruído, a NR-15 que versa sobre insalubridade e a NR-17 sobre ergonomia. De acordo com a NR-15 os limites de tolerância ao ruído são estipulados em função do tempo de exposição (BRASIL, 2010a), conforme Quadro 3.

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

Quadro 3 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente
Fonte: Brasil (2010a)

Já a NR-17 comenta que um valor limite para se ter conforto acústico dentro de um ambiente é de 65 dB(A). A norma comenta que os valores limites de ruído exigidos para cada ambiente podem ser encontrados na NBR 10152 (BRASIL, 2010b).

Destaca-se que os limites apresentados no Quadro 1 caracterizam a insalubridade em locais de trabalho, porém quando se trata de ruído urbano na cidade de Curitiba, a legislação a ser seguida deverá ser a Lei Municipal Ordinária Nº 10.625 de 19 de Dezembro de 2002 que estabelece os níveis de ruído em função do tipo de ocupação da área e do horário, conforme Quadro 4 (CURITIBA, 2002).

ZONAS DE USO*	DIURNO	VESPERTINO	NOTURNO
ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA-SARU, APA-SMRU	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
ZR-OC, ZR-SF, ZR-U, ZUC-II, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, ZOO, SE-CC, SE-PS, SE-OI, APA-ST	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
ZR-4, ZC, ZT-BR-116, ZUM, ZE-D, SE, SH, SE-BR-116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SE-AC, SE-CB, CONEC, SE-PE, SC-SF, SC-UM, SE-NC, SEI, SEHIS, SE-LE, SEVC-PASSAÚNA, SEVS-PASSAÚNA, APA-SS, Vias prioritárias 1 e 2, Vias setoriais, Vias coletoras 1,2 e 3	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, ZEI-I (CIC), APA-SUE	70 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Os casos não contemplados nesta tabela, serão objeto de análise específica por parte da Secretaria Municipal do Meio Ambiente			
<p>Onde: APA-SARU - Setor de Alta Restrição de Uso; APA-SMRU - Setor de Média Restrição de Uso; APA-ST - Setor de Transição; APA-SUE - Setor de Uso Esportivo; APA-SS - Setor de Serviço; CONEC - Setor Especial Conector – Conectora 1,2,3,4, SC-SF - Setor Especial Comercial Santa Felicidade; SC-UM - Setor Especial Comercial Umbará; SE - Setor Especial Estrutural; SE-AC - Setor Especial da Av. Affonso Camargo; SE-BR-116 - Setor Especial da BR-116; SE-CB - Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros; SE-CC - Setor Especial Centro Cívico; SE-CF - Setor Especial da Av. Comendador Franco; SEHIS - Setor Especial Habitação de Interesse Social; SEI - Setor Especial Institucional; SE-LE - Setor Especial Linhão do Emprego; SE-MF - Setor Especial da Av. Mal. Floriano Peixoto; SE-NC - Setor Especial Nova Curitiba; SE-OI - Setor Especial de Ocupação Integrada; SE-PE - Setor Especial Preferencial de Pedestres; SE-PS - Setor Especial do Pólo de Software; SEVC-PASSAÚNA - Setor Especial de Vias Coletoras; SEVS-PASSAÚNA - Setor Especial de Vias Setoriais; SE-WB - Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz; SH - Setor Histórico; ZC - Zona Central; ZOO - Zona de Ocupação Orientada; ZE-D - Zona Especial Desportiva; ZE-E - Zona Especial Educacional; ZEI-I (CIC) - Zona Especial de Indústria; ZE-M - Zona Especial Militar; ZES - Zona Especial de Serviços; ZI - Zona Industrial; ZR-1 - Zona Residencial 1; ZR-2 - Zona Residencial 2; ZR-3 - Zona Residencial 3; ZR-4 - Zona Residencial 4; ZR-AV - Zona Residencial Alto da Glória; ZR-B - Zona Residencial Batel; ZR-M - Zona Residencial Mercês; ZR-OC - Zona Residencial de Ocupação Controlada; ZUC-II - Zona de Urbanização Consolidada; ZR-SF - Zona Residencial Santa Felicidade; ZR-U - Zona Residencial Umbará; ZS-1 - Zona de Serviço 1; ZS-2 - Zona de Serviço 2; ZT-BR-116 - Zona de Transição BR – 116; ZT-MF - Zona de Transição Av. Mal. Floriano Peixoto; ZT-NC - Zona de Transição Nova Curitiba; Z-UM - Zona de Uso Misto;</p>			

Quadro 4 - Níveis de pressão sonora máximos segundo a lei municipal nº 10.625
Fonte: Curitiba (2002)

No Quadro 5 pode-se visualizar os valores de ruído impostos pela Prefeitura Municipal de Curitiba na lei 10.625 voltados para serviços na construção civil.

Atividades não confináveis	Limite de 90 dB(A), permitido somente de segunda-feira, no período diurno.
Atividades passíveis de confinamento	De segunda-feira a sexta-feira, no período diurno: limites constantes no Quadro 4 acrescidos de 5 dB(A). De segunda-feira a sexta-feira, nos períodos vespertinos e noturno: limites constantes no Quadro 4.
Sábados, Domingo e Feriados, qualquer período: Devem ser respeitados os limites constantes no Quadro 4, tanto para as atividades passíveis de confinamento como para as não confináveis	

Quadro 5 - Níveis de pressão sonora máximos para serviços de construção civil segundo a lei municipal nº 10.625

Fonte: Adaptado de Curitiba (2002)

Segundo a NBR IEC 60034-9 que aborda limites de ruídos para máquinas elétricas girantes, com saída nominal entre 1 e 5,5 kW, rotação nominal inferior a 3750 min^{-1} , os ensaios devem ser realizados tomando os devidos cuidados para que não sejam transmitidos ruídos por radiação provenientes de estruturas, tais transmissões devem ser amenizadas com materiais de frequência natural inferior a 1/4 da frequência da menor rotação do equipamento e com massa inferior a 1/10 da massa do equipamento, não são admitidos calços ou dispositivos de fixação que venham a interferir em esforços no equipamento.

Ainda segundo a NBR IEC 60034-9 o ruído de uma máquina elétrica girante pode ser ocasionado pelas engrenagens ou sistema que geram o movimento da máquina assim como produtos que estejam no seu interior, se houver. As diferentes fontes de ruído devem ser abordadas de forma diferentes para assim alcançar de forma eficaz a medição desejada.

2.5 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO

A exposição persistente a sons excessivamente altos produz mudanças degenerativas no órgão espiral (sistema auditivo), resultando em surdez de som agudo. Este tipo de perda de audição ocorre comumente em trabalhadores que estão expostos por longos tempos a ruídos altos e não usam protetores auditivos (GERGES, 2000).

Segundo Saliba (2009), a poluição sonora traz graves problemas para a população, como o distúrbio do sono, estresse, dor de cabeça, irritação, entre

outros. Segundo o autor esses problemas são responsáveis por desavenças entre vizinhos e conflitos entre pessoas.

O primeiro efeito fisiológico de exposição a níveis altos de ruído é a perda de audição na banda de frequências de 4 a 6 kHz. O efeito é acompanhado pela sensação de percepção do ruído após o afastamento do campo ruidoso. Este efeito é temporário, e, portanto, o nível original do limiar da audição é recuperado. A perda de audição pode tornar-se permanente caso a exposição ao ruído seja repetida antes da completa recuperação. Neste caso, não somente na faixa de frequências de 4 a 6 kHz, mas também abaixo e acima desta faixa. Isto ocorre devido à danificação das células nervosas do ouvido interno, o que torna a perda de audição irreversível (GERGES, 2000).

Desta forma, com o intuito de controlar os efeitos do ruído, Fernandes (2002) e Maia (2001), sugerem que o controle da exposição ao ruído seja um conjunto de medidas técnicas que visa à atenuação ou a eliminação do ruído e de seus efeitos em determinado ambiente. Ainda segundo estes autores, controle não significa supressão da causa, mas sim, uma manipulação do efeito.

A Figura 5 apresenta diferentes níveis de intensidade sonora e os efeitos de alguns deles no organismo do indivíduo.



Figura 5 – Alguns exemplos de intensidade sonora
Fonte: Fernandes (2002)

Segundo Saliba (2009), existem 3 formas de perdas auditivas:

Trauma Acústico: este trauma é causado por sons de curta duração e de alta intensidade, ele lesa permanentemente muitas regiões do ouvido em particular o órgão de Corti, cóclea;

Perda Auditiva Temporária: exposição moderada a determinados tipos de ruído podem causar uma perda auditiva temporária, não se sabe muito sobre as consequências, alterações vasculares ou ainda exaustão metabólica só se sabe que nos casos dessa surdes só é necessário de 11 a 14h de silêncio que a audição volta ao normal. Porém repetidas perdas auditivas temporárias podem levar a uma perda auditiva permanente;

Perda Auditiva Permanente: popularmente conhecido como PAIR (perda auditiva induzida pelo ruído), também conhecido como perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora.

Verifica-se a PAIR através de um exame chamado “audiometria”. Nota-se que as perdas mais comuns estão entre 3000 e 6000 Hz, particularmente na frequência de 4000 Hz. Segundo o autor perdas de frequências entre 4000 e 6000 Hz não trazem consequências muito graves ao indivíduo e não afeta a comunicação verbal. A perda da frequência de 3000 Hz já acarreta dificuldade de compreensão, e a perda de 2000 Hz já traz grandes prejuízos para a comunicação. Na perda de 1000 Hz já existe um comprometimento social evidente a comunicação verbal. E, por fim a perda de 500 Hz exclui a pessoa do meio social e dificulta a convivência familiar.

Destaca-se que em se tratando de doenças ocupacionais, o ruído ocupa a terceira posição, superado apenas por doenças causadas por agrotóxicos e osteoarticulares, ou seja, má postura (GOMES, 1989 e PETIAN, 2008).

Segundo Bistafa (2011), a perda auditiva deve ser analisada com três fatores: o nível de pressão sonora de exposição, o tempo de exposição e a idade do indivíduo, na Figura 6 temos o risco de perda auditiva de acordo com a idade.

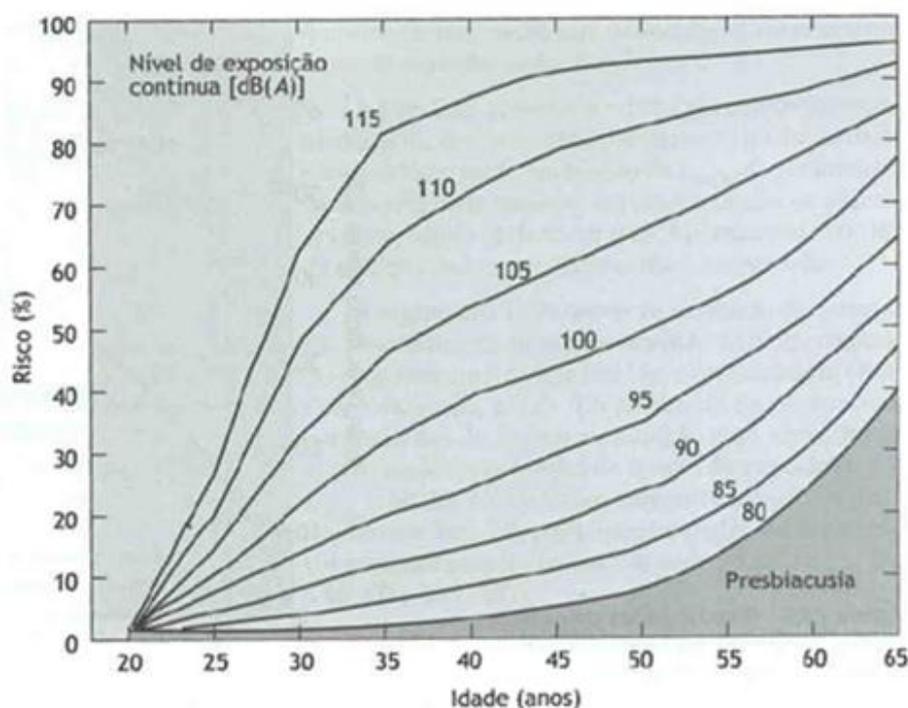


Figura 6 - Risco de perda auditiva de acordo com a idade
Fonte: Bistafa (2011)

2.5.1 O Ouvido Humano

Maia (2001) diz que o ouvido também é responsável pelo equilíbrio dinâmico e estático do corpo, possibilitando a localização de fontes sonoras, agindo como importante mecanismo de alerta e defesa.

O ouvido humano é dividido em três partes principais: externo, médio e interno. Os sons chegam por vibrações do ar, captados pelo pavilhão auditivo no ouvido externo, então se transformam em vibrações mecânicas conduzidas através do ouvido médio, para então transformar-se em pressão hidráulica, no ouvido interno. Essas pressões são captadas por células especializadas altamente sensíveis a esses estímulos no ouvido interno e transformadas então em sinais elétricos transmitidos ao cérebro (IIDA, 2005), com pode ser observado na Figura 7.



Figura 7 - Estrutura do ouvido humano
Fonte: Pinheiro (2006)

De acordo com Pinheiro (2006), o ouvido externo é formado pelo pavilhão auditivo, pelo canal auditivo externo e pelo tímpano, sendo que o pavilhão auditivo é formado por cartilagem, exceto o lobo, e tem como função a canalização dos sons. Já o canal auditivo estabelece comunicação entre a orelha média e a externa. Após o canal auditivo, localiza-se o tímpano.

No ouvido médio, o som é transmitido através de três ossículos, chamados de martelo, bigorna e estribo, por terem formas que lembram esses objetos. Esses ossículos por sua vez, captam as vibrações do tímpano e as transmite a outra membrana fina na janela oval, que separa o ouvido médio do ouvido interno. Os ossículos são como alavancas que amplificam as vibrações das ondas sonoras, aumentando a força das vibrações mecânicas, podendo amplificar as vibrações em até vinte e duas vezes (IIDA, 2005).

Iida (2005) diz que o ouvido interno, chamado também de labirinto, é limitado pelas janelas oval e redonda. Possuindo uma parte anterior denominada cóclea, ou caracol, o labirinto exerce a função auditiva. Já a parte posterior, o vestíbulo e os canais semicirculares, têm a função do equilíbrio. Os canais semicirculares não possuem função auditiva e sim, função da manutenção do equilíbrio do corpo.

2.5.2 Representação Matemática da Sensação Provocada pelo Som

Como descreve Bistafa (2011), sobre os experimentos do físico Ernest Heinrich Weber, avaliando a sensação humana aos estímulos físicos, que foi realizado com um indivíduo de olhos vedados segurando uma massa de 1kg, o aumento de poucos gramas não era detectado pelo mesmo, porém chegando a uma determinada variação de massa o indivíduo começou a notar a variação de mesma. Weber então dobrou a massa em que o indivíduo segurava e a sensação ao estímulo só foi notada quando se chegou ao dobro do adicionado no ensaio anterior, sendo assim constatou-se que a reação segue uma proporção aos estímulos físicos, como pode ser observado na Equação (6)

$$dS = k \frac{dE}{E}$$

(Eq.6)

Onde:

dS é o diferencial da sensação

dE é o diferencial do estímulo físico

E é o estímulo físico no dado momento a ser analisado

k é uma constante que deve ser determinada experimentalmente

Nota-se que a integração desta equação diferencial gera um resultado que envolve uma função exponencial, o que é característica de funções da natureza.

2.5.3 Localização Biauricular

Segundo Bistafa (2011), para um indivíduo localizar o som se faz necessário que o mesmo atinja as duas orelhas, assim o indivíduo recebe o som com diferença de níveis de pressão sonora e diferença de tempo nas duas orelhas, sendo assim possível que o indivíduo localize a origem do som, esse fenômeno pode ser observado na Figura 8

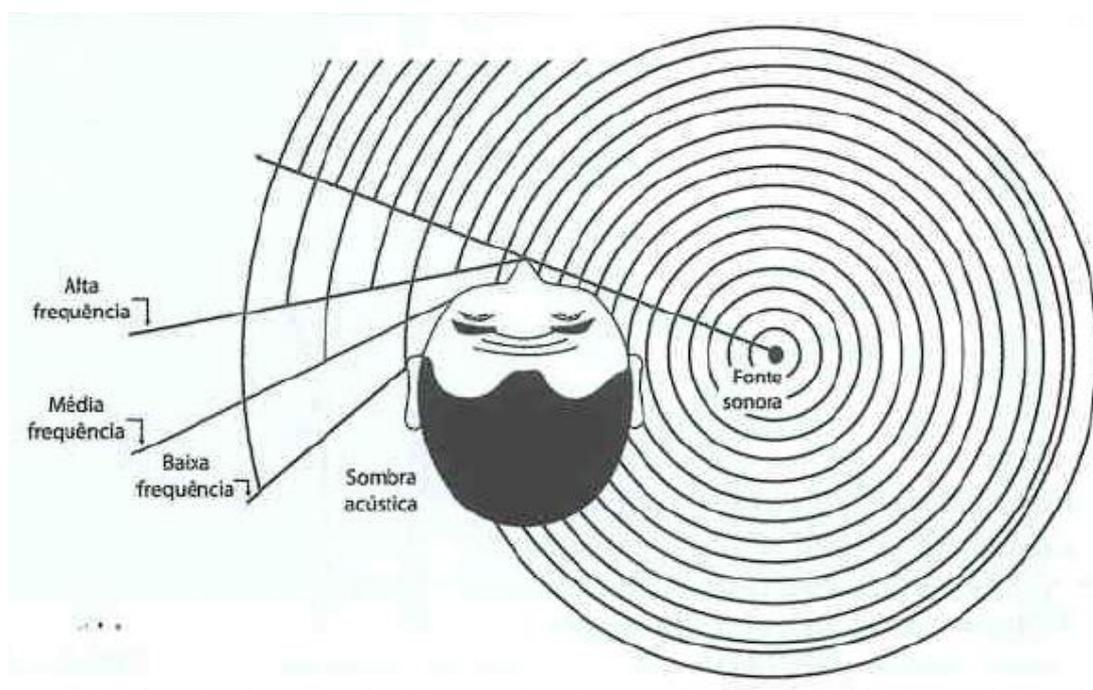


Figura 8 – Localização biauricular
Fonte: Bistafa (2011)

2.6 MEDIDAS PREVENTIVAS DE CONTROLE DO RUÍDO

Segundo Wood (1976), a vegetação possui um papel muito importante para atenuar o ruído, no caso a grama atenua enquanto superfícies pavimentadas

refletem o ruído. O autor ainda menciona que para atenuar 10 dB(A) é necessária uma barreira de vegetação densa de aproximadamente 50 metros.

De acordo com Beranek (1971), uma fonte que emite um ruído de 1000 Hz de frequência pode ser atenuada de diferentes formas, de acordo com o tipo de vegetação que existe a sua volta, no caso de uma vegetação verde e densa existe uma atenuação de aproximadamente 23 dB(A) por 100 metros de vegetação. No caso de uma vegetação de outono, ou seja, sem folhas a atenuação cai para aproximadamente 3 dB(A) por 100 metros.

As medidas de controle são tomadas visando à atenuação do efeito de ruído sobre as pessoas e podem ser consideradas basicamente de três maneiras: na fonte, na trajetória e no homem. Quando forem viáveis tecnicamente, as medidas de controle na fonte e na trajetória deverão ser prioritárias (SALIBA, 2009)

De acordo com Maia (2001), as medidas de controle sobre a fonte e sobre a trajetória são mais eficientes, porém na maioria das vezes têm um custo mais elevado e são mais complexas. O controle na esfera da engenharia consiste em ações baseadas em projetos que intervêm diretamente na fonte geradora do ruído ou no ambiente entre a fonte e o trabalhador. Avaliação da exposição ao ruído e especificação de protetores auriculares também fazer parte da esfera de engenharia.

2.6.1 Controle de Ruído na Fonte

Segundo Saliba (2009), controle de ruído na fonte é o método mais recomendado quando há viabilidade técnica, porém a fase de planejamento das instalações é o mais importante devido ao fato que se pode escolher equipamentos que produzam menos ruído ou até mesmo organizar o *layout* de maneira adequada. Existem diversas maneiras para se realizar o controle de ruído na fonte, tais como a substituição do equipamento por outro mais silencioso, fixar as estruturas, lubrificar rolamentos e mancais, alterar o processo, dentre outros.

2.6.2 Controle de Ruído na Trajetória

O controle de ruído na trajetória é realizado quando não foi possível realizar o controle do ruído na fonte ou mesmo a redução deste agente físico não foi suficiente (FERNANDES, 2002).

Este tipo de controle pode ser alcançado de duas maneiras, ou pela absorção do som através de materiais porosos, como por exemplo, a lã de vidro e a cortiça, ou então pelo isolamento acústico através de materiais que possuam alto índice de redução acústica ou perda de transmissão (SALIBA, 2009).

O próprio vento interfere na condição de propagação do som, movendo-se no sentido fonte-receptor dificulta a redução normal a que o som sofre na sua propagação na atmosfera, assim como o vento se movendo no sentido receptor-fonte intensifica a redução normal (BISTAFA, 2011).

A reflexão do som em superfícies que denominamos de barreiras físicas pode ser de até 5 dB(A), isso ocorre através de inúmeras reflexões sonoras que ocorrerem nas ondas que se deslocam da fonte até a barreira, para que isso ocorra a barreira deve estar paralela a fonte e situada entre a fonte e o receptor (BISTAFA, 2011).

Bistafa (2011) ainda afirma que a temperatura da atmosfera além de influenciar na velocidade do som, pode também conduzir a direção do som. Isso só é possível se a temperatura estiver variando linearmente no decorrer da altitude.

2.6.3 Controle de Ruído no Homem

Quando não é possível o controle de ruído na fonte e na trajetória, deve-se adotar medidas de controle no homem, lembrando que esta forma de controle deve ser aplicada em casos extremos, sempre como última opção (FERNANDES, 2002).

De acordo com Saliba (2009), o controle de ruído no homem pode ser realizado fazendo a limitação do tempo de exposição aos níveis de ruído superiores ao limite de tolerância ou então por meio de protetores auriculares.

2.6.3.1 Protetores Auriculares

Os protetores auriculares devem ser utilizados quando não for possível o controle de ruído na fonte e na trajetória ou quando esses controles não reduzir o ruído a níveis satisfatórios (GERGES, 2000).

Existem basicamente dois tipos de protetores auriculares, os de inserção que podem ser pré-moldados ou moldáveis e os *circum-auriculares* ou tipo concha. Na escolha do protetor auricular é fundamental observar as vantagens e desvantagens de cada tipo, o fator de proteção, entre outros (SALIBA, 2009).

Os protetores de inserção são introduzidos dentro do canal auditivo, tendo como objetivo diminuir a intensidade das variações de pressão que alcançam o tímpano. Os moldáveis nunca devem ser lavados. Quando estiverem sujos devem ser substituídos por um novo. Já os pré-moldados devem ser lavados regularmente com sabão neutro e água e semanalmente devem ser esterilizados (GRADJEAN, 1998).

Os protetores *circum-auriculares* ou tipo concha são feitos de material rígido, revestido internamente por material macio tipo espuma ou borracha. Podem ser colocados perfeitamente em qualquer pessoa, fornecem uma boa proteção ao ruído. Podem chegar a reduzir entre 40 dB(A) e 50 dB(A). Seu custo inicial é alto, porém sua vida útil é longa (FERNANDES, 2002).

Atualmente, os protetores de inserção são os mais utilizados, recomendados para ruídos na faixa de 85 dB(A) a 100 dB(A). Os *circum-auriculares* ou tipo concha são recomendados para ruídos acima de 100 dB(A). Ambos são eficientes para alta frequência, porém para sons graves a proteção é praticamente nula (FERNANDES, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

3.1.1 Medidor de Nível de Pressão Sonora

O equipamento de medição utilizado neste trabalho foi um medidor de pressão sonora da marca Instrutherm, padrão IEC tipo 2, com escala de frequência entre 31,5 e 8000 Hz, faixa dinâmica entre 30 a 130 dB(A), resolução 0,1 dB(A), ponderação A e C, ponderação de tempo *Fast* (125 ms) e *Low* (1s) e precisão de $\pm 1,5$ dB(A).

3.1.2 Betoneira

A betoneira utilizada na pesquisa foi da marca Menegotti Modelo Top 1000, com as seguintes características técnicas:

- Capacidade de mistura: 310L;
- Rendimento Final da mistura: 270L;
- Quantidade de ciclos/hora: 15;
- Produção horária estimada: 4,65m³/h;
- Rotação do tambor: 30rpm;
- Motor 2cv.

3.1.3 Traço do Concreto.

Abaixo, no Quadro 6 apresenta-se os registros de um trabalho desenvolvido pela empresa Geocities baseado no método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), para a empresa Pec Mac Formas, com o objetivo de auxiliar na elaboração de concreto em obra. Com base neste trabalho decidiu-se por utilizar um traço de concreto que possuísse resistência de aproximadamente 25 MPa, pois é a resistência mais comum utilizada em estruturas, ou seja o traço 1:2:3.

TABELA PRÁTICA DE TRAÇOS DE CONCRETO PARA USO EM OBRAS BASEADO NO MÉTODO DO ABCP																		
EMPREGO OU UTILIZAÇÃO	RESISTÊNCIA PROVÁVEL NA COMPRESSÃO (Kg/cm ²)	TRAÇO EM VOLUME	CONSUMO DE ... (material) ... POR M3 DE CONCRETO						FUNDO 35 X 45 ALTURA DA PADIOLA		NUMERO DE PADIOLAS POR SACO DE CIMENTO			FATORES			RENDIMENTO	TRAÇOS EM MASSA CORRESPONDENTES
			CIMENTO (Kg)	AREIA SECA (l)	AREIA UMIDA (l)	BRITA 1 (l)	BRITA 2 (l)	ÁGUA (l)	AREIA (cm)	BRITA (1 E 2) (cm)	AREIA	BRITA 1	BRITA 2	água /cim l/Kg	cim/água Kg/l	água/cim l/sc	POR SACO CIMENTO litros/sc	
	400	1: 1: 2	514	363	465	363	363	226	28,7	22,4	1	1	1	0,44	2,27	22,0	97,2	1: 1,08 : 1,56
	350	1: 1 1/2: 3	387	409	524	405	405	189	21,5	33,6	2	1	1	0,49	2,04	24,5	129,2	1: 1,63 : 2,94
	298	1: 2: 2 1/2	374	528	676	330	330	206	28,7	28,1	2	1	1	0,55	1,82	27,5	133,2	1: 2,17 : 2,44
Obras de responsabilidade	254	1: 2: 3	344	486	622	364	364	210	28,7	33,6	2	1	1	0,61	1,84	50,5	145,5	1: 2,17 : 2,94
	228	1: 2 1/2: 3	319	562	719	337	337	207	25,9	33,6	3	1	1	0,65	1,54	32,5	157,9	1: 2,71 : 2,74
Colunas Baldrame e Vigas médias	210	1: 2: 4	297	420	538	420	420	202	28,7	22,4	2	2	2	0,68	1,47	34,0	168,3	1: 2,17 : 3,52
	195	1: 2 1/2: 3 1/2	293	517	662	362	362	208	23,9	19,6	3	2	2	0,71	1,41	35,5	170,6	1: 2,71 : 3,42
Estrut. De concr. Armado	185	1: 2 1/2: 4	276	487	625	350	350	204	23,9	22,4	3	2	2	0,73	1,37	35,5	181,2	1: 2,71 : 3,52
Cintas de amarração, pequenas lajes	157	1: 2 1/2: 5	246	435	557	435	435	195	23,9	28,0	3	2	2	0,79	1,27	33,5	203,3	1: 2,71 : 4,59
	124	1: 3: 5	229	486	622	405	405	202	28,7	28,0	3	2	2	0,88	1,14	44,0	218,1	1: 3,25 : 4,88
	100	1: 3: 6	208	441	564	441	441	198	28,7	33,6	3	2	2	0,95	1,05	47,5	240,8	1: 3,25 : 5,87
Letos e Camadas Preparatórias	50	1: 4: 8	161	456	584	456	456	194	28,7	29,9	4	3	3	1,20	0,83	50,0	312,5	1: 4,34 : 7,83

Quadro 6 – Tabela prática de traços de concreto para uso em obras baseado no método ABCP
Fonte: Geocities (2011)

3.2 CONDIÇÕES DE MEDIÇÃO

As medições foram feitas segundo a NBR-10151, e para tanto o medidor de nível de pressão sonora foi posicionado a 1,2 metros de altura e sempre no mínimo a 2,0 metros de distância das superfícies refletoras, como paredes, para evitar interferência das mesmas. A utilização do atenuador de vento foi dispensável já que as medições serão realizadas em um ambiente sem influência de ventos. A configuração do aparelho seguiu a NR-15 que estabelece medidor de pressão sonora na curva de compensação A e circuito de resposta *slow*, cada medição tinha uma duração de 15 minutos, pois é no intervalo de 0 a 15 minutos que o som contínuo se define com uma precisão de 0 a 3 dB(A) (SALIBA,2009).

A betoneira foi posicionada em local coberto, situação em que se encontram as betoneiras das obras que as utilizam por longo período de tempo. Em conformidade com a norma vigente, a betoneira ficou distante de paredes, pilares ou qualquer obstáculo que pudesse vir a interferir na propagação sonora.

3.3 PROCEDIMENTOS ADOTADOS NAS MEDIÇÕES

As medições preliminares do nível de pressão sonora foram realizadas sem qualquer tipo de material atenuador acústico e os resultados foram utilizados para determinar o impacto do preparo do concreto em condições usuais. Posteriormente

foram realizadas medições definitivas com os materiais atenuadores acusticamente, sendo um deles uma tampa, verificando a efetividade das soluções propostas.

3.3.1 Realização das Medições

Para ter uma maior noção da geração e posteriormente atenuação do ruído na betoneira as medições preliminares e definitivas foram realizadas com concreto e sem concreto.

As medições de níveis de pressão sonora foram realizadas de um em um metro de distância partindo do eixo central da betoneira e indo até 8 metros de distância, como ilustrado no esquema da Figura 9. Foram realizados nos quatro lados da betoneira devido a presença de motor, engrenagens, abertura e ajuste de posição em diferentes lados, gerando pressões sonoras diferentes, assim foi possível analisar, comparar e avaliar o grau de atenuação do material e os riscos que os operários estão submetidos

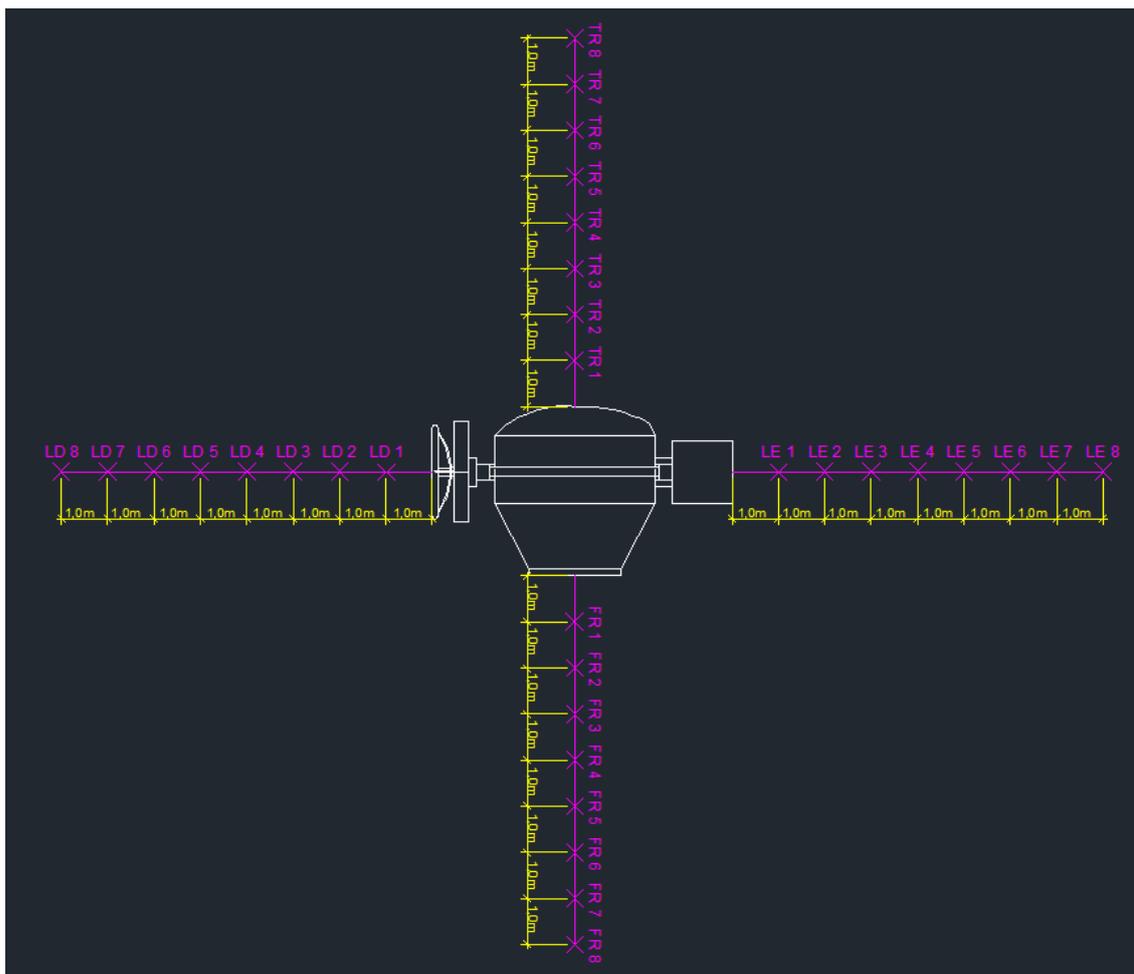


Figura 9 – Posição do Medidor de pressão sonora em relação a Betoneira
Fonte: Autores (2013)

3.3.1.1 Seleção dos Materiais Atenuadores

Foram selecionados os materiais atenuadores seguindo as especificações técnicas, os mesmos receberam um valor de peso correspondente ao grau de importância e para assim estabelecer quais foram os melhores materiais atenuadores. Os mesmos foram relacionados no Quadro 7.

Destaca-se que a matriz modelo aqui apresentada foi obtida do trabalho desenvolvido por Iarozinski (2009) e optou-se pela utilização da mesma, pois ela nos estabelece parâmetros de como avariar um produto / material analisando vários aspectos e suas respectivas importâncias.

Fator	Descrição do fator	PESO (1-10)	1	2
<i>Durabilidade da vantagem competitiva procurada</i>	Anos. Se o resultado do desenvolvimento puder ser rápido e facilmente adotado pelos concorrentes, o projeto será menos atrativo do que um que ofereça uma vantagem protegida em longo prazo.			
<i>Duração do Ciclo de vida do produto</i>	Anos. Quanto maior for o tempo do Ciclo de vida do produto Maior será a chance de sucesso comercial e econômico da idéia.			
<i>Recompensa / Resultado</i>	Comumente financeira , mas as vezes; cumprir exigências de órgãos reguladores; ou construir uma base de conhecimento para novos projetos.			
<i>Investimento</i>	Valor estimado de investimento no desenvolvimento, na produção e na reciclagem do produto.			
<i>Mercado</i>	Taxa de crescimento do segmento do Mercado em relação à média do setor.			
<i>Grau de Inovação</i>	Grau de inovação da idéia para a empresa e/ou mercado.			
<i>Prazo de implementação</i>	Medido em meses			
<i>Barreiras de entrada</i>	Dificuldades que as outras empresas terão para lançar a mesma idéia.			
Total 1 – Produto dos valores atribuídos a cada fator				
<i>Incerteza</i>				
<i>Probabilidade de sucesso técnico</i>	Unidades de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de que o objetivo seja atingido conforme o definido.			
<i>Probabilidade de sucesso comercial</i>	Unidade de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de sucesso comercial se o projeto for tecnicamente bem sucedido.			
<i>Probabilidade de sucesso econômico</i>	Unidade de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de sucesso econômico se o produto for comercialmente bem sucedido.			
<i>Probabilidade de sucesso global</i>	TOTAL 2 – O produto das probabilidades técnicas, comerciais e econômicas.			
TOTAL (Total 1 x Total 2)				
CLASSIFICAÇÃO				

Quadro 7 – Matriz de avaliação das idéias (oportunidades)
Fonte: Adaptado Iarozinski (2009)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SELEÇÃO DOS MATERIAIS ISOLANTES ACÚSTICOS

Seguindo as especificações técnicas, os materiais utilizados foram os que apresentaram maior rendimento final de acordo com a Quadro 7 de Iarozinski (2009). O Quadro foi alterado, pois a análise é feita com base nos materiais que foram utilizados como revestimento e não como um novo produto que seria lançado no mercado.

No Quadro 8 estão apresentados os dados do Isopor, Látex, EVA (etilenoacetato de vinila), Lã de Rocha, Borracha Vulcanizada, PU (poliuretano), Serragem e Fibra de Vidro lembrando que os valores atribuídos nos quadros foram elaborados da comparação entre os 8 materiais, com base em suas características técnicas. Assim foi atribuído a cada um, um determinado valor.

O peso foi estabelecido da seguinte forma:

- 10 – Para o custo. O custo está relacionado com o valor da matéria prima (revestimento) e dos materiais para a sua aplicação e aderência
- 9 – Para durabilidade. A durabilidade esta relacionada com o tempo de vida útil do revestimento.
- 8 – Para o custo de implementação. O custo de implementação esta relacionado com o custo necessário para se poder aplicar o material
- 6 – Tempo de aplicação do revestimento. Esta relacionada com o tempo necessário para efetuar a aplicação do revestimento acústico.

As incertezas forma estabelecidas com valores entre zero e um, onde foram analisadas as possíveis situações de mercado, como a aceitação do produto com base no custo, estética, durabilidade, aparência.

Fator	Descrição do fator	PESO (1-10)	Isopor	Látex	EVA	Lã de Rocha	Borracha Vulcanizada	PU	Serragem	Fibra de Vidro
<i>Durabilidade da vantagem competitiva procurada</i>	Anos. Se o resultado do desenvolvimento puder ser rápido e facilmente adotado pelos concorrentes, o projeto será menos atrativo do que um que ofereça uma vantagem protegida em longo prazo.	10	1	7	7	7	10	5	8	5
<i>Duração do Ciclo de vida do produto</i>	Anos. Quanto maior for o tempo do Ciclo de vida do produto Maior será a chance de sucesso comercial e econômico da ideia.	9	10	9	10	9	1	8	6	6
<i>Recompensa / Resultado</i>	Comumente financeira , mas as vezes; cumprir exigências de órgãos reguladores; ou construir uma base de conhecimento para novos projetos.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Investimento</i>	Valor estimado de investimento no desenvolvimento, na produção e na reciclagem do produto.	8	10	8	9	7	1	5	5	6
<i>Mercado</i>	Taxa de crescimento do segmento do Mercado em relação à média do setor.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Grau de Inovação</i>	Grau de inovação da ideia para a empresa e/ou mercado.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prazo de implementação</i>	Medido em horas	6	7	8	7	7	6	7	6	7
<i>Barreiras de entrada</i>	Dificuldades que as outras empresas terão para lançar a mesma ideia.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total 1 – Produto dos valores atribuídos a cada fator			226	267	278	253	238	208	214	198
Incertezas										
<i>Probabilidade de sucesso técnico</i>	Unidades de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de que o objetivo seja atingido conforme o definido.	-	0,1	0,8	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5
<i>Probabilidade de sucesso comercial</i>	Unidade de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de sucesso comercial se o projeto for tecnicamente bem sucedido.	-	0,1	0,8	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5
<i>Probabilidade de sucesso econômico</i>	Unidade de probabilidade 0,1 – 0,9. A probabilidade de sucesso econômico se o produto for comercialmente bem sucedido.	-	0,1	0,8	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5
<i>Probabilidade de sucesso global</i>	TOTAL 2 – O produto das probabilidades técnicas, comerciais e econômicas.		0,3	2,4	1,8	1,2	1,8	1,5	1,2	1,5
TOTAL (Total 1 x Total 2)			67,8	640,8	500,4	303,6	428,8	312	256,8	297
CLASSIFICAÇÃO			8º	1º	2º	5º	3º	4º	7º	6º

Quadro 8 – Matriz de avaliação das materiais acústicos
Fonte: Adaptado de Iarozinski (2009)

Analisando o Quadro 8 nota-se que os materiais que apresentaram melhores propriedades atenuadoras de níveis de pressão sonora, facilidade na aplicação,

menor custo, maior durabilidade e melhor aceitação no mercado ao mesmo tempo foram o EVA e o Látex.

Com a definição dos materiais (Látex e o EVA) iniciou-se as medições sem isolante acústico algum para saber a que ruído os operadores de betoneiras estavam submetidos, assim como a atenuação causada pelos materiais isolantes acústicos.

4.2 MEDIÇÃO SEM ISOLANTES ACÚSTICOS

As medições foram realizadas de acordo com as normas vigentes estabelecendo que o medidor de pressão sonora ficasse a uma altura de 1,20 metros e distante a 1,50 metros de obstáculos com o objetivo de não haver interferências devido à reflexão sonora.

O medidor foi colocado de acordo com a Figura 9, já apresentada, e cada ponto foi medido durante 15 minutos, totalizando assim 16 horas de medições sem revestimentos acústicos (8 horas sem concreto e 8 horas com concreto) sendo que o concreto era retirado e recolocado a cada quatro horas, pois a formação dos cristais de hidratação alterava a textura do concreto e com isso alterava os dados medidos.

Na Figura 10 pode-se observar a betoneira posicionada para a realização das medições preliminares.



Figura 10 – Betoneira sem revestimentos acústicos
Fonte: Autores (2013)

Pode-se observar que os resultados apresentados no Quadro 9 os valores de níveis de pressão sonora estão dentro dos padrões exigidos pelas normas

vigentes (NR-15 e lei municipal nº 10625) e os operários podem trabalhar até 8 horas sem qualquer risco de perda auditiva, seja temporária ou não.

Níveis de ruído para a betoneira vazia e sem nenhum revestimento, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	82,3	78,4	78,7	77,3
2 metros	77,3	75,2	75,0	74,3
3 metros	75,5	73,9	73,6	73,3
4 metros	74,1	73,0	72,8	72,3
5 metros	73,3	72,4	72,2	71,4
6 metros	72,4	71,7	72,0	70,7
7 metros	72,3	71,7	72,0	70,0
8 metros	71,5	71,7	71,8	69,5

Quadro 9 – Medições preliminares sem concreto
Fonte: Autores (2013)

É perceptível que o ruído é intensificado na frente da betoneira devido à propagação do som por vibração de todo o tambor, seja pelas engrenagens ou pelo próprio movimento, o formato do tambor, também intensifica o nível de pressão sonora emitido, funcionando como um amplificador e direcionando o som para a parte frontal.

O ruído gerado pelas engrenagens (fundo da betoneira) e pelo motor (lateral) não são tão significativos se comparados com o ruído gerado pelo concreto no interior do tambor e pelas vibrações geradas no mesmo. Como pode ser observado também no Gráfico 1.

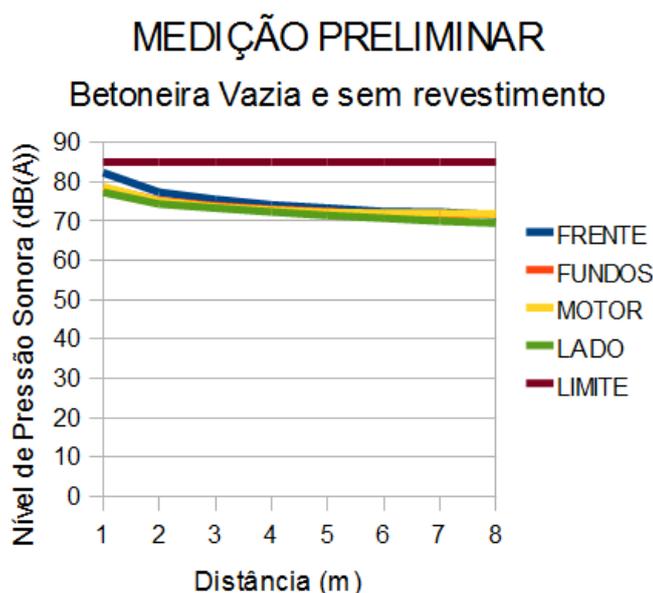


Gráfico 1 – Medições preliminares sem concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 10 estão apresentados os níveis de pressão sonora referentes às medições preliminares com concreto, com a betoneira com concreto e sem qualquer tipo de revestimento atenuador de ruído.

Níveis de ruído para a betoneira com concreto e sem nenhum revestimento, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	97,8	92,2	91,1	91,3
2 metros	90,1	88,9	88,4	88,3
3 metros	88,2	87,4	86,9	86,6
4 metros	86,9	86,3	86,2	85,7
5 metros	85,9	85,6	85,6	85,3
6 metros	85,4	85,3	85,2	84,3
7 metros	84,8	84,9	85,1	84,2
8 metros	84,5	84,9	85,0	83,6

Quadro 10 – Medições preliminares com concreto
Fonte: Autores (2013)

Novamente pode-se notar que o ruído é intensificado na parte frontal, nesta medição além das engrenagens e da vibração do tambor propagando o som existe o concreto no seu interior que ao ser movimentado se choca com a betoneira intensificando ainda mais o nível de pressão sonora emitida.

Os valores do Quadro 10 mostram que em um período de jornada de trabalho de 8 horas um indivíduo não pode se aproximar mais do que 6 metros sem a utilização de protetores auriculares, de acordo com a NR-15, pois o mesmo poderá apresentar perda auditiva seja temporária ou definitiva. De acordo com a lei municipal nº 10625 o equipamento está fora dos padrões de utilização, pois a mesma exige que o nível de pressão sonora emitido em horário comercial, para obras de construção civil, não supere os 90 dB(A).

Novamente como no Quadro 9 o ruído gerado pelas engrenagens e motor não são significativos se comparados com o ruído gerado pelo concreto no interior do tambor e vibrações geradas no mesmo. Como também pode ser verificado no Gráfico 2.

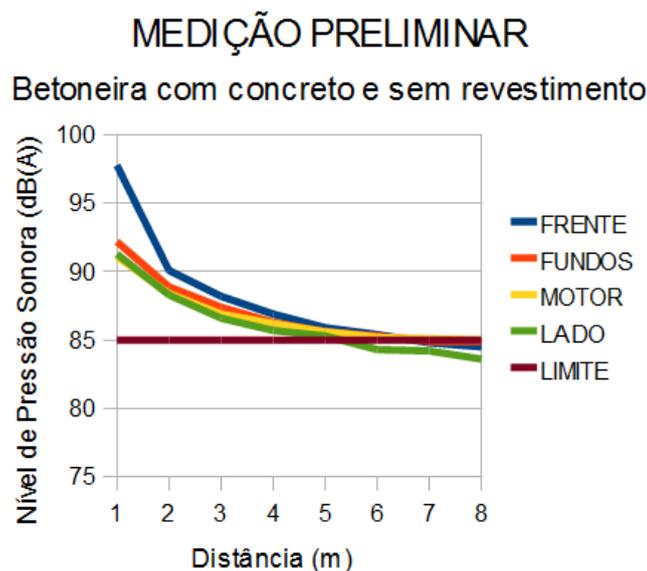


Gráfico 2 – Medições preliminares com concreto
Fonte: Autores (2013)

4.3 MEDIÇÃO COM ISOLANTES ACÚSTICOS

Foram avaliados inicialmente oito materiais com propriedades de atenuação acústica. Contudo, ressalta-se que foram selecionados para aplicação na betoneira, apenas os dois que se mostraram mais viáveis de serem aplicados pela praticidade, baixo custo, alto rendimento, melhor propriedade acústica, facilidade em encontrar no mercado e melhor aparência.

O medidor foi colocado de acordo com a Figura 9 já apresentada, de um em um metro de distância. Cada ponto foi medido durante 15 minutos, totalizando assim 32 horas de medições para cada revestimento acústico (16 horas sem concreto com e sem tampa e 16 horas com concreto com e sem tampa) sendo que o concreto era retirado e recolocado a cada quatro horas, pois a formação dos cristais de hidratação alterava a textura do concreto e com isso alterava os dados medidos.

Foi elaborada uma tampa em MDF e feita a “alça da tampa” com rolimã blindado. Assim pode-se colocar e retirar a tampa sem necessidade da betoneira estar desligada, como pode ser observado na Figura 11, lembrando que a tampa não foi revestida neste trabalho.



Figura 11 – Tampa
Fonte: Autores (2013)

4.3.1 Isolante EVA

Conforme as tabelas de avaliações de materiais iniciou-se as medições com o EVA que foi o segundo colocado de acordo com a pontuação apresentada no Quadro 9. Primeiro a betoneira foi revestida com fita crepe para que a cola que foi utilizada para a fixação do EVA não interferisse na aplicação do outro revestimento acústico, isso pode ser observado na Figura 12.



Figura 12 – Betoneira com preparação de revestimentos acústicos (EVA)
Fonte: Autores (2013)

Depois foi cortado e aplicado o EVA como pode ser observado na Figura 13.



Figura 13 – Betoneira com revestimentos acústicos (EVA)
Fonte: Autores (2013)

Primeiro foi feita a medição com EVA sem concreto, para ver se houve alguma atenuação do nível de pressão sonora. Os resultados são apresentados no Quadro 11.

Níveis de pressão sonora em betoneira com o EVA, sem a tampa e sem concreto, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	86,1	82,4	81,5	82,4
2 metros	80,0	79,1	78,7	79,2
3 metros	77,6	77,1	76,8	77,8
4 metros	76,3	76,3	75,5	76,9
5 metros	75,5	75,8	75,3	76,0
6 metros	74,8	75,3	74,8	75,3
7 metros	74,0	74,5	74,7	73,4
8 metros	73,9	74,3	74,5	71,4

Quadro 11 – Medições com atenuador EVA sem tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

Verifica-se no Quadro 11 que o nível de pressão sonora não apresenta mudança significativa, se comparado com a medição realizada com a betoneira sem revestimento acústico.

Novamente como nos casos anteriores nota-se que o nível de pressão sonora detectado é mais intenso na posição frontal devido à propagação devido ao formato do tampo e de sua vibração. Não sendo significativo o ruído nos fundos e lado do motor se comparados com o ruído frontal. Como pode ser observado no Gráfico 3.

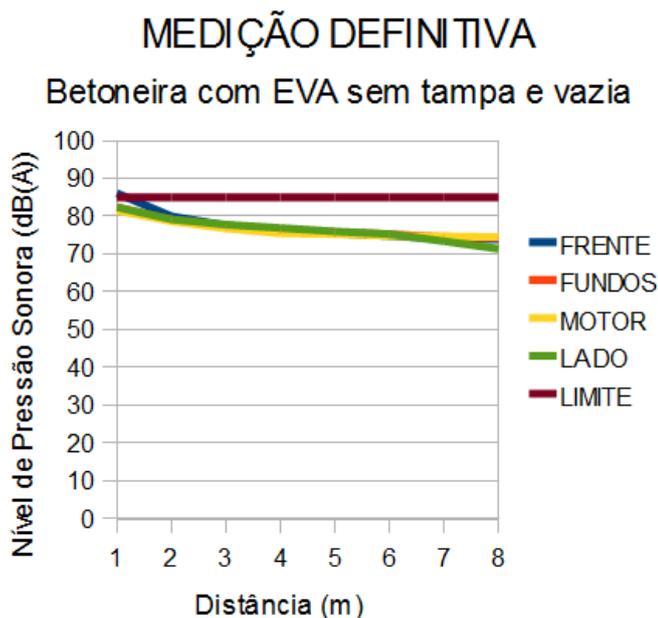


Gráfico 3 – Medições com atenuador EVA sem tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 12 estão apresentados os valores de pressão sonora medidos com EVA sem concreto e com tampa.

Níveis de pressão sonora na betoneira com o EVA, com a tampa e sem concreto, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	82,9	84,0	82,0	83,1
2 metros	79,9	79,7	78,4	79,3
3 metros	77,5	77,9	76,9	77,4
4 metros	76,3	76,2	75,5	76,4
5 metros	74,9	76,2	75,5	75,7
6 metros	74,4	75,3	75,2	74,8
7 metros	74,0	74,7	75,0	73,2
8 metros	73,4	74,6	74,6	71,5

Quadro 12 – Medições com atenuador EVA com tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

Com o revestimento em EVA não é possível notar mudança significativa, se comparado com a betoneira sem qualquer revestimento acústico. No momento em que a tampa é inserida ao sistema nota-se que o nível de pressão sonora agora é intensificado na coroa das engrenagens que ficam na posição traseira da betoneira, sendo aí registrados 84 dB(A). Como pode ser observado no Gráfico 4.

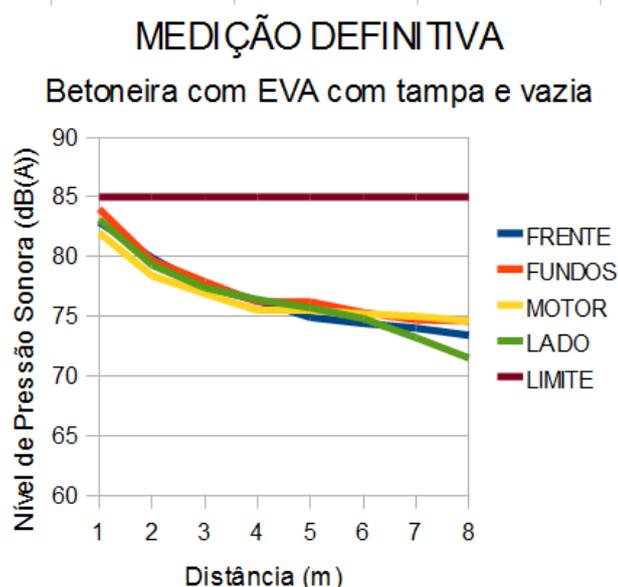


Gráfico 4 – Medições com atenuador EVA com tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 13 estão os resultados das medições com EVA sem tampa e com concreto.

Níveis de pressão sonora da betoneira com o EVA e com concreto, sem a tampa, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	97,5	93,2	92,5	91,7
2 metros	90,7	92,9	88,6	87,9
3 metros	89,7	87,1	87,1	86,7
4 metros	87,7	86,0	86,0	85,7
5 metros	86,3	85,5	85,8	85,0
6 metros	85,5	84,8	85,4	83,9
7 metros	84,8	84,5	84,7	82,6
8 metros	84,2	83,8	84,5	80,8

Quadro 13 – Medições com atenuador EVA sem tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

Nota-se no Quadro 13 que o problema persiste e que houve uma atenuação pouco significativa no nível sonoro de: 97,8 dB(A) para 97,5 dB(A) no pior caso, porém ainda em um raio de 6 metros o operador da betoneira não pode ficar uma jornada de 8 horas sem a utilização de um protetor auricular.

Assim como nas medições preliminares, o problema volta a ser detectado na posição frontal da betoneira devido à propagação dos níveis de pressão sonora ser intensificado pelo formato e vibrações do tambor. Como pode ser observado no Gráfico 5.

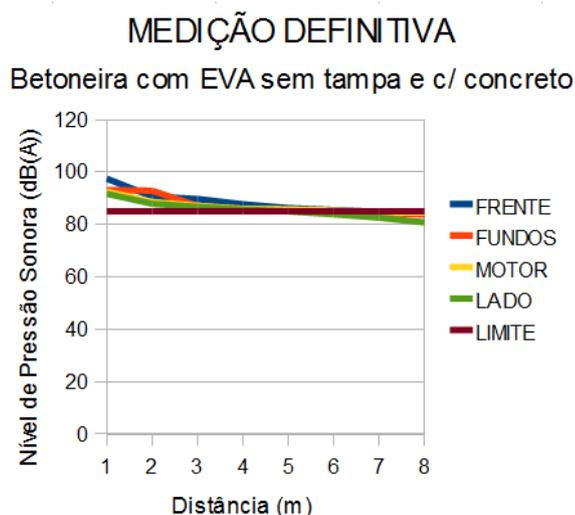


Gráfico 5 – Medições com atenuador EVA sem tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 14 estão os valores medidos com a betoneira revestida de EVA com concreto e com tampa.

Níveis de pressão sonora de betoneira com o EVA com a tampa e com concreto, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	90,8	92,4	91,7	92,2
2 metros	88,5	88,3	87,7	87,2
3 metros	86,4	86,5	86,2	85,8
4 metros	85,0	85,6	85,0	84,9
5 metros	84,3	84,9	84,9	84,1
6 metros	83,4	84,2	84,3	83,4
7 metros	82,9	83,9	84,0	81,7
8 metros	82,6	83,2	83,7	80,1

Quadro 14 – Medições com atenuador EVA com tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

Nesta combinação EVA e Tampa nota-se um bom resultado. O nível de pressão sonora ficou abaixo de 85 dB(A) com raio maior que 4 metros, mais ainda nessa combinação o operador de betoneira precisa estar nas imediações da betoneira com protetor auricular.

Com a tampa nota-se que o ruído é intensificado nos fundos da betoneira devido à presença da coroa de engrenagens, que neste caso, esta aumentando o nível de pressão sonora. Como pode ser observado no Gráfico 6.

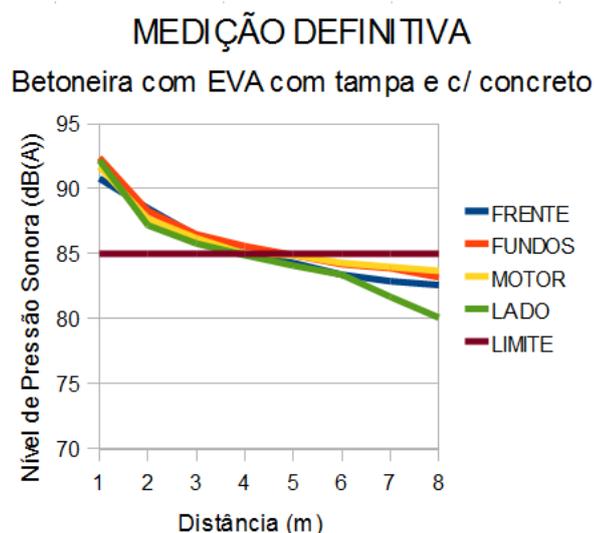


Gráfico 6 – Medições com atenuador EVA com tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

4.3.2 Isolante Látex

Conforme os quadros de avaliações de materiais inicia-se com o látex que foi o primeiro colocado de acordo com a pontuação apresentada no Quadro 8. Neste caso a aplicação foi feita com látex líquido, foram feitas oito demãos no tambor, parte interna e externa, no motor e nas engrenagens, para se alcançar os resultados obtidos. Pode ser observada na Figura 14.



Figura 14 – Betoneira com revestimentos acústicos (Látex)
Fonte: Autores (2013)

Durante as medições foi notado que o ruído não vinha apenas do tambor, devido ao concreto, mais sim de um conjunto de engrenagens, motor e do tambor.

Baseado nisso buscou-se aplicar o látex líquido em todos os locais onde houvesse o ruído.

Seguindo o mesmo padrão de medição e análise do material anterior, seguem as primeiras medições que podem ser observadas no Quadro 15, foram realizadas com o látex sem concreto e sem tampa.

Níveis de pressão sonora de betoneira com o LÁTEX, sem a tampa e sem concreto (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	80,3	80,6	78,8	77,7
2 metros	77,7	76,7	76,6	75,6
3 metros	75,3	74,4	74,6	74,1
4 metros	74,6	72,6	72,8	73,3
5 metros	73,1	72,3	72,0	72,1
6 metros	72,7	71,6	71,8	71,4
7 metros	71,4	71,5	71,4	71,0
8 metros	71,1	71,3	71,0	69,6

Quadro 15 – Medições com atenuador látex sem tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

Nas medições com látex verifica-se que além de atenuação no nível de pressão sonora ser significativo, o ruído devido às engrenagens e devido ao formato e vibrações do tambor, estão equivalentes. Como pode ser observado no Gráfico 7.

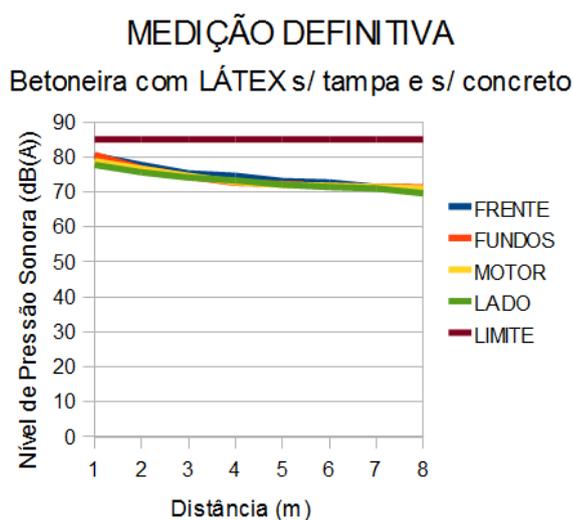


Gráfico 7 – Medições com atenuador látex sem tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 16 estão apresentados os resultados das medições com a tampa e sem o concreto.

Níveis de pressão sonora da betoneira com o LÁTEX, com a tampa e sem concreto, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	79,5	80,5	78,7	77,6
2 metros	75,8	76,8	76,7	75,4
3 metros	74,3	74,5	74,5	73,9
4 metros	73,5	72,3	72,9	73,1
5 metros	72,4	72,2	72,2	72,4
6 metros	72,1	71,7	71,4	71,6
7 metros	71,6	71,6	71,3	71,1
8 metros	71,4	71,6	71,2	69,8

Quadro 16 – Medições com atenuador látex com tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

Nota-se no Quadro 16 que a atenuação com a tampa foi significativa apenas na posição frontal da betoneira no restante não pode-se notar mudanças significativas. Como pode ser observado no Gráfico 8.

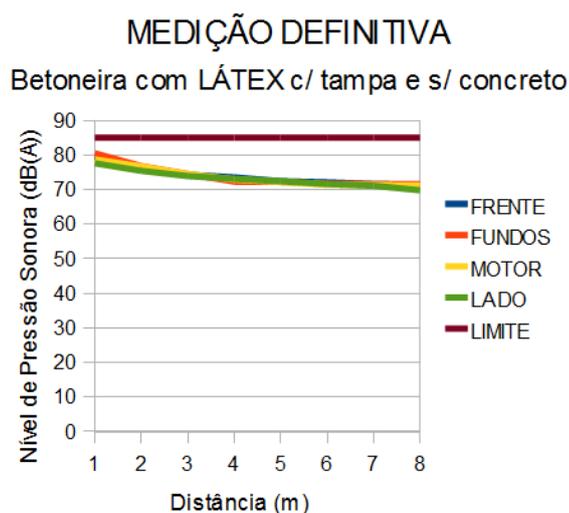


Gráfico 8 – Medições com atenuador látex com tampa e sem concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 17 os dados apresentados foram coletados da betoneira com concreto e sem tampa.

Níveis de pressão sonora da betoneira com o LÁTEX, sem a Tampa e com concreto, (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	84,8	82,0	81,6	79,4
2 metros	79,3	77,5	77,9	76,0
3 metros	77,3	75,8	75,5	74,7
4 metros	75,1	73,7	73,5	73,4
5 metros	74,1	72,8	73,3	72,7
6 metros	73,7	72,7	72,5	71,3
7 metros	72,7	72,1	72,0	70,1
8 metros	72,2	72,0	71,8	70,0

Quadro 17 – Medições com atenuador látex sem tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

Com o látex pode-se notar no Quadro 17 que o nível de pressão sonora foi reduzido de forma muito significativa, os valores estão todos de acordo com as normas vigentes. De acordo com a lei municipal 10625 que limita que o nível de pressão sonora emitido seja inferior a 90 dB(A), assim como o a NR-15 menciona que em níveis superiores a 85 dB(A) existe a perda auditiva, seja temporária ou definitiva, em uma jornada de trabalho de 8 horas sem a utilização de protetor auricular. Como pode ser observado no Gráfico 9.

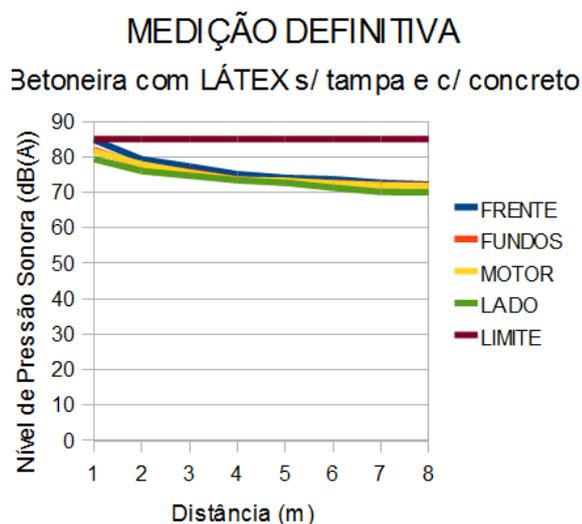


Gráfico 9 – Medições com atenuador látex sem tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

No Quadro 18 estão apresentados os níveis de pressão sonora com concreto como no Quadro 17, porém agora com a tampa.

Níveis de pressão sonora da betoneira com o LÁTEX, com a Tampa e com concreto (dB(A))				
Ponto	Frente	Fundos	Lateral do motor	Lateral sem motor
1 metro	80,7	82,0	81,4	79,0
2 metros	77,4	77,3	77,9	75,9
3 metros	75,2	75,4	75,5	74,5
4 metros	73,6	73,7	73,4	73,4
5 metros	72,8	72,6	73,3	72,6
6 metros	72,5	72,5	72,3	71,3
7 metros	72,1	72,0	71,9	69,9
8 metros	71,4	71,7	71,8	69,8

Quadro 18 – Medições com atenuador látex com tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

Com a união do látex e da tampa pode-se notar no Quadro 18 que o nível de pressão sonora foi reduzido de forma ainda mais significativa, os valores estão todos de acordo com as normas vigentes, lei municipal 10625, obriga que o nível de pressão sonora emitido seja inferior a 90 dB(A), assim como o a NR-15 menciona que em níveis superiores a 85 dB(A) existe a perda auditiva, seja temporária ou não, em uma jornada de trabalho de 8 horas sem a utilização de protetor auricular. Como pode ser observado no Gráfico 10.

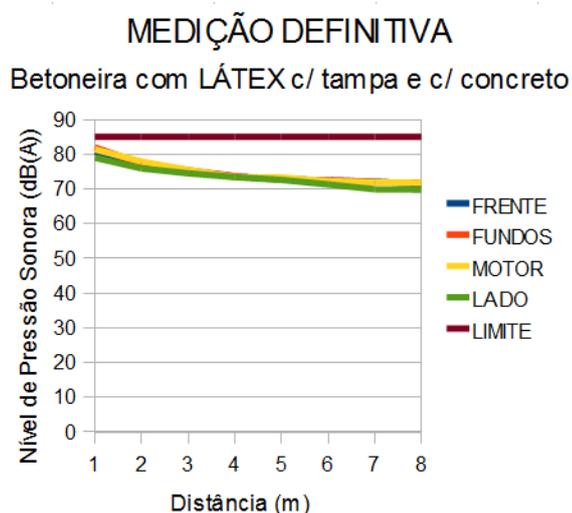


Gráfico 10 – Medições com atenuador látex com tampa e com concreto
Fonte: Autores (2013)

5 CONCLUSÃO

Com relação aos níveis de pressão sonora coletados dos testes com os materiais isolantes acústicos, selecionados devido a suas propriedades acústicas, notou-se que nos dois casos houve a atenuação do ruído, na primeira combinação com EVA e tampa em MDF esta atenuação não foi tão significativa, sendo de 97,8 dB(A) para 90,4dB(A). Com isso pode-se afirmar que o operador de betoneira necessita ainda estar utilizando o protetor auricular, de acordo com a NR-15, para que o mesmo não apresente perdas auditivas, sejam elas temporárias ou definitivas de acordo com o tempo de exposição e ao nível de pressão sonora que o operário esteja submetido. Ainda com o EVA e a tampa de MDF notou-se que uma área próxima a betoneira (em que os níveis de pressão sonora apresentavam-se acima de 85 dB(A), isso para uma jornada de trabalho de 8 horas), caiu de 7 para 5 metros, oferecendo assim um risco menor para os funcionários nas proximidades. Porém, de acordo com a lei municipal nº 10.625 o ruído em construções civis durante a semana não deve exceder os 90 dB(A), o que não foi possível alcançar com este material.

Com a utilização do Látex da Ecolast fornecido pela Revescor e a tampa em MDF, notou-se uma significativa atenuação de níveis de pressão sonora sendo de 97,8 dB(A) para 82,0 dB(A), com isso pode-se afirmar, baseado na NR-15, que os operários de betoneira podem operar em uma jornada de trabalho de 8 horas a betoneira sem qualquer risco de perda auditiva, seja temporária ou definitiva de acordo com o tempo de exposição e o nível de pressão sonora a que o operário esteja submetido. Também de acordo com a lei municipal nº 10625 o ruído neste caso está sendo inferior a 90 dB(A).

Pode-se concluir ainda com base nos valores de níveis de pressões sonoras medidos, que apenas a aplicação de revestimento no tambor não será a solução do problema, pois o ruído gerado pelas engrenagens, na parte traseira, e pelo motor, na lateral, são significativamente alto. Com base nisso pode-se afirmar que existe a necessidade de uma análise minuciosa do ruído gerado pelas diversas partes da betoneira assim como a necessidade de se propor diversas soluções para as mais diversas fontes geradoras ruído.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação de Normas Técnicas. **NBR 10.151**: Acústica – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT – Associação de Normas Técnicas. **NBR IEC 60034-9**: Motores elétricos girantes – Especifica métodos de ensaio para a determinação do nível de potência sonora de máquinas elétricas girantes. Rio de Janeiro, 2000.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do trabalho & gestão ambiental**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BERANEK, L. L. **Noise and vibration control**. New York: McGraw, 1971.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2ª Edição, São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora **NR-15** – Atividades e Operações Insalubres. Segurança e Medicina do Trabalho - Manual de Legislação Atlas. 65ª. Edição, 2010a.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora **NR-17** – Ergonomia. Segurança e Medicina do Trabalho - Manual de Legislação Atlas. 65ª. Edição, 2010b.

CURITIBA, **Lei Nº 10625 de 19 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público, revoga as Leis n°s 8583, de 02 de janeiro de 1995, 8726, de 19 de outubro de 1995, 8986, de 13 de dezembro de 1996, e 9142, de 18 de setembro de 1997, e dá outras providências. Disponível em: <<http://domino.cmc.pr.gov.br/contlei.nsf/>>. Acesso em: 23 de janeiro 2013.

FANTINI NETO, R. **Higiene do trabalho**. Curitiba: UTFPR, 2010. (Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho).

FERNANDES, J. C. **O Ruído Ambiental: Seus Efeitos e seu Controle**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Departamento de Engenharia Mecânica. UNESP - Campus de Bauru, 2002.

GEOCITIES. **Tabela Prática de traços de concreto para uso em obras baseado no método ABCP.** São Paulo: Disponível em: <<http://www.geocities.ws/andrepcgeo/tabelatracos8B.htm>>, 2011. Acesso em: 13 de janeiro de 2013.

GERGES, Samir. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.

GILCHRIST, A., Cowan, D. & ALLOUCHE, E. N. : **Prediction and mitigation of construction noise in na urban environment.** Canadian Journal of Civil Engineering, 2003.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o homem ao trabalho.** 4ª edição. Porto Alegre: Bookmam, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2a edição revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IAROSINSKI, Alfredo Neto. **Projeto de Produto, Atividades de Aplicação, Material Didático,** 3ª versão, 2009

MAIA, P. A. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil. Campinas: 2001.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/CTN/teses_conteudo.asp?retorno=137>. Acesso em: 06 de dezembro de 2012.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle do ruído.** 5. ed. São Paulo: LTr Editora, 2009.

VERDUSSEN, R. **Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho.** Rio de Janeiro: livros Técnicos e Científicos, 1978.

WOOD, Christopher. **Town planning and pollution control.** Manchester: Manchester University Press, 1976.