

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

**DANIELE GIMENES DE DIO**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO OCUPACIONAL EM OPERADORES DA  
CALDEIRA DE BIOMASSA DE UMA INDÚSTRIA PAPELEIRA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2018**

**DANIELE GIMENES DE DIO**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO OCUPACIONAL EM OPERADORES DA  
CALDEIRA DE BIOMASSA DE UMA INDÚSTRIA PAPELEIRA**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

**CURITIBA**

**2018**

**DANIELE GIMENES DE DIO**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO OCUPACIONAL EM OPERADORES DA CALDEIRA DE  
BIOMASSA DE UMA INDÚSTRIA PAPELEIRA**

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

Banca:

---

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

---

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

---

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

Curitiba  
2018

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

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela presença constante em minha vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

A minha família pelo motivação, incentivo e apoio incondicional.

A todos os professores, em especial ao meu orientador Rodrigo Eduardo Catai, pelo suporte e conhecimento transmitido para execução deste trabalho.

Aos amigos que conquistei durante esta especialização, pelas trocas de conhecimento e companheirismo.

Ao Sr. Moacir, coordenador de utilidades, que permitiu aplicar o estudo de caso na indústria em questão, pela sua confiança e por todas as informações oferecidas.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

## RESUMO

DIO, Daniele Gimenes de. **Avaliação do Ruído ocupacional em operadores da caldeira de biomassa de uma indústria papeleira**. 2018. 47 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança e Higiene do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A poluição sonora é um problema de saúde pública que afeta a qualidade de vida de milhares de trabalhadores. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o ruído ocupacional em oito funcionários de diferentes funções do setor da caldeira de biomassa em uma indústria papeleira. As medições foram realizadas considerando as atividades desenvolvidas por cada trabalhador e seu tempo de exposição. Após resultados, foi realizado comparativo com as Normas Regulamentadoras NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais e NR 15 – Atividades e condições insalubres, para averiguar se as condições aos que os funcionários estão expostos oferecem riscos à saúde. Conclui-se que não há condições insalubres para estes trabalhadores, pois a indústria oferece protetor auricular com atenuação necessária, porém, faz-se necessário medidas de controle para dois postos de trabalho onde os níveis ultrapassaram os limites exigidos pela Norma Regulamentadora NR 9.

**Palavras chave:** Ruído ocupacional. Limite de tolerância. Indústria papeleira. Insalubridade.

## ABSTRACT

DIO, Daniele Gimenes de. Evaluation of occupational noise in biomass boiler operators of a paper industry. 2018. 47 f. Monography (Specialization in Safety Engineering and Occupational Hygiene) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Sound pollution is a public health problem that affects the quality of life of thousands of workers. The objective of the present study was to evaluate occupational noise in eight employees of different functions of the biomass boiler sector in a paper industry. The measurements were made considering the activities developed by each worker and their exposure time. After results, it was carried out comparative with the Regulatory Norms NR 9 - Program of Prevention of Environmental Risks and NR 15 - Activities and unsanitary conditions, to verify if the conditions to which the employees are exposed pose health risks. It is concluded that there are no unhealthy conditions for these workers, since the industry offers a necessary attenuating ear protector, however, it is necessary to control measures for two jobs where levels exceeded the limits required by Regulatory Norm NR 9.

**Keywords:** Occupational noise. Tolerance limit. Paper industry. Unhealthy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atenuação de ruído desejável .....	21
Figura 2 – Fluxograma da produção de celulose e recuperação química .....	24
Figura 3 – Decibilímetro .....	29
Figura 4 – Nível de exposição (sem protetor auricular).....	39
Figura 5 – Nível de exposição (com protetor auricular).....	40



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente .....	15
Tabela 2 – Legenda de funcionários .....	28
Tabela 3 – Funcionário 01 (Coordenador de utilidades) .....	30
Tabela 4 – Funcionário 02 (Supervisor de utilidades) .....	32
Tabela 5 – Funcionário 03 (Operador de turbo gerador) .....	33
Tabela 6 – Funcionário 04 (Operador painel caldeira de biomassa) .....	34
Tabela 7 – Funcionário 05 (Operador de área turbo gerador) .....	35
Tabela 8 – Funcionário 06 (Operador de área caldeira de biomassa) .....	36
Tabela 9 – Funcionário 07 (Auxiliar operacional – moega) .....	37
Tabela 10 – Funcionário 08 (Operador desmi) .....	38

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
1.1 OBJETIVOS.....	10
1.1.1 Objetivo Geral.....	10
1.1.1 Objetivos Específicos.....	10
1.2 JUSTIFICATIVAS .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1 POLUIÇÃO SONORA.....	11
2.2 O RUÍDO.....	12
2.2.1 Nível de Pressão Sonora .....	13
2.2.2 Frequência e Intensidade .....	13
2.2.3 Tipos de Ruído.....	13
2.2.4 Limites de Tolerância e Insalubridade .....	14
2.2.5 Efeitos do Ruído .....	17
2.2.6 Controle do Ruído.....	18
2.2.6.1 Controle na fonte.....	18
2.2.6.2 Controle por propagação.....	19
2.2.6.3 Controle no trabalhador.....	19
2.2.7 Atenuação do ruído .....	20
2.2.8 Instrumentos de medição .....	22
2.3 INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE.....	22
2.3.1 Etapas do processo produtivo e caldeira de biomassa .....	23
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 A EMPRESA.....	27
3.1.1 Operação caldeira de biomassa.....	27
3.2 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO PARA RUIDO OCUPACIONAL.....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>30</b>
4.1 MEDIÇÕES DE RUÍDO OCUPACIONAL .....	30
4.1.1 Ruído ocupacional - coordenador .....	30
4.1.2 Ruído ocupacional - supervisor .....	31
4.1.3 Ruído ocupacional - operador de turbo gerador.....	33
4.1.4 Ruído ocupacional - operador painel caldeira de biomassa.....	34
4.1.5 Ruído ocupacional - operador área turbo gerador.....	35
4.1.6 Ruído ocupacional - operador área caldeira de biomassa .....	36
4.1.7 Ruído ocupacional - auxiliar operacional.....	37
4.1.8 Ruído ocupacional - operador de tratamento de água .....	38
4.2 NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO.....	39
4.3 RECOMENDAÇÕES GERAS .....	41
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde considera que 10% da população mundial está exposta a níveis excedentes de ruído que potencialmente podem provocar a perda auditiva. Considera-se que a poluição sonora é a terceira principal causa de poluição do mundo, proveniente de inúmeras fontes, tais como: transporte, obras, indústria e até mesmo atividades de lazer (PRO ACÚSTICA, 2018).

A deficiência auditiva traz muitas limitações para o desenvolvimento do indivíduo, tendo como uma das principais problemáticas a redução da capacidade de percepção de sons, limitando ou impedindo o seu portador de desempenhar suas atividades (SAVI, 2012).

Por conviver constantemente com o mal do ruído, a humanidade está cada vez mais acostumada com os sons indesejáveis e em muitos casos, não percebe seus efeitos maléficos na saúde, no ambiente e na qualidade de vida. Os pesquisadores da área alertam para o fato que como os efeitos do ruído na saúde são lentamente progressivos, geralmente as pessoas não tomam consciência da gravidade do problema (INAD BRASIL, 2017).

O Brasil apresenta alto índice de acidentes e doenças ocupacionais relacionados a indústria papelreira (BRACELPA, 2017). Destacam-se três doenças ocupacionais que segundo estatísticas são de maior incidência: doenças relacionadas à coluna, lesão por esforço repetitivo – LER e perda auditiva induzida por ruído - PAIR (MEDEIROS, 2009).

As empresas estão sendo cada vez mais cobradas por órgãos fiscalizados através das Normas Regulamentadoras, para adequação de suas atividades com objetivo de garantir a saúde e integridade dos funcionários. Além da fiscalização por parte do poder público, os acidentes de trabalho vão além do risco à integridade do trabalhador, envolvem também danos ao patrimônio e altos custos financeiros para o empregador (MEDEIROS, 2009).

A presente monografia irá apresentar um estudo da exposição ao ruído ocupacional nos funcionários do setor da caldeira de biomassa em uma indústria de papel e celulose, com objetivo de evitar complicações irreversíveis à saúde.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho de monografia tem como objetivo principal analisar os níveis de exposição ao ruído ocupacional, a que funcionários da caldeira de biomassa de uma indústria de papel kraft estão submetidos durante sua jornada de trabalho.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos foram propostas as seguintes premissas para o desenvolvimento do trabalho:

- Avaliar se os níveis de ruído monitorados atendem os limites de tolerância vigentes na Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres e na Norma Regulamentadora 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
- Verificar se o tipo de protetor auricular utilizado pelo funcionário apresenta atenuação satisfatória para descaracterização de insalubridade;
- Propor medidas de proteção para minimizar o risco ocupacional, caso seja necessário.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

O ruído ocupacional existe nas indústrias em detrimento do funcionamento de máquinas e equipamentos, que muitas vezes produzem ruídos excessivos, acima do tolerável pelas Normas Regulamentadoras (GANIME, 2010).

O controle deste risco ambiental, incide em benefícios não somente ao empregado, mas também para a indústria, pois suas ações refletem na redução de acidentes do trabalho, doenças ocupacionais e controle na queda de produtividade (FIORINI, 2004).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLUIÇÃO SONORA

O ambiente de trabalho é constituído por um conjunto de fatores interdependentes. Quando um destes fatores foge do controle, seja pelo nível permitido ou pelos processos que se desencadeiam, os trabalhadores tornam-se suscetíveis a desenvolver as patologias do trabalho, conhecidas como acidentes de trabalho ou doenças ocupacionais (BARSANO, 2012).

Trabalho com segurança é um dos fatores mais importantes que devem ser investidos nas empresas. A exposição aos riscos ocupacionais pode reduzir a qualidade de desempenho do trabalho, que resulta, inclusive, no comprometimento da sua qualidade de vida (GANIME, 2010).

A poluição sonora atinge a maior parte da população, depois da poluição do ar e das águas. Este tipo de poluição é um problema de saúde pública proveniente do conjunto de todos os ruídos característicos de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo em um ambiente qualquer (FIORINI, 2004).

Conforme Fundacentro (2001), o Brasil é um dos líderes mundiais em nível de ruído. As cidades de São Paulo e Rio de Janeiro estão entre as cinco de níveis mais elevados do mundo, porém, apenas 5% da população com problemas auditivos recorre aos médicos.

A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído, conhecida como PAIR, é um problema que afeta principalmente as sociedades mais desenvolvidas e industrializadas. De acordo com Oliveira (2007), os sons indesejáveis podem causar danos irreversíveis e cumulativos. O ruído é qualificado como um estímulo desagradável ou indesejável, que pode ser desenvolvido por qualquer sinal que atrapalha a percepção sonora. Este risco não tem competência para ser considerado fatal, porém, pode reduzir consideravelmente a qualidade de vida dos indivíduos afetados.

Portanto, no ambiente de trabalho é necessário encontrar condições capazes de proporcionar o máximo de proteção e ao mesmo tempo satisfação dos trabalhadores. Quando existe esta combinação, é possível observar aumento

significativo na produtividade, melhoria da qualidade dos serviços, redução do índice de absenteísmo e redução das doenças e acidentes de trabalho (BARSANO, 2012).

## 2.2 O RUÍDO

Em razão do progresso tecnológico e industrial, surgiram novos fatores que originaram estudos específicos sobre possíveis efeitos nocivos desta evolução. Dentre os principais efeitos, o ruído é um dos riscos que pode causar danos ao organismo humano com efeito em curto e médio prazo (AMARAL, 2014).

A presença de um som em um ambiente torna-se desejável quando auxilia, por exemplo, na comunicação, no relaxamento ou no divertimento dos indivíduos. Apesar disso, muitas vezes o som pode ser indesejável, transformando-se em um ruído, ou seja, um incômodo que pode causar danos temporários ou irreversíveis na saúde e na audição (MAIA, 2002).

O ruído é considerado todo tipo de som desagradável e é um dos principais riscos que interferem na degradação da qualidade do ambiente de trabalho (PONZETTO, 2007). Dose de ruído diária acima de 60 decibéis, são prejudiciais aos seres humanos, ocasionando extremo desconforto e proporcionando problemas de concentração (SALIBA, 2004).

De acordo com a higiene do trabalho, o ruído é um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variação de pressão em função de uma frequência, ou seja, para uma determinada frequência podem existir de forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões (SALIBA, 2004).

Fiorini (2004), considera que o ruído ocupacional é um risco físico frequente em quase todos os segmentos industriais e por isso, merece atenção especial por parte dos profissionais da saúde e da segurança do trabalho. Além de comprometer a audição, o ruído pode perturbar o descanso, o sono e a comunicação.

Os termos som e ruído são frequentemente utilizados de diferentes maneiras, porém, normalmente o som é utilizado para as sensações prazerosas, como a fala ou a música e o ruído um som indesejável como buzina, barulho de trânsito e máquinas (FUNDACENTRO, 2001).

### 2.2.1 Nível de Pressão Sonora

A pressão sonora é a energia da vibração do som exercida no ouvido humano, sendo esta a melhor grandeza para avaliar a exposição acústica, devido sua praticidade (FANTINI NETO, 2017).

Conforme Saliba (2004), o nível de pressão sonora define a intensidade do som e representa a relação entre a variação da pressão provocada pela vibração e a pressão que atinge o limiar de audibilidade. Através de pesquisas realizadas com pessoas sem problemas auditivos, foi revelado que o limiar de audibilidade é de  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>, convencionado para 0 (zero) dB, que é a pressão de referência utilizada pelos fabricantes de medidores de nível de pressão sonora.

### 2.2.2 Frequência e Intensidade

A Frequência (f) é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som, sendo a sua unidade ciclos por segundo, ou Hertz (Hz). O nosso ouvido é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz e esta faixa de frequência é definida como faixa audível de frequência (FUNDACENTRO, 2001).

Conforme Saliba (2004), o nível de intensidade sonora e o nível de pressão sonora são grandezas utilizadas para determinar os ruídos em equipamentos, cálculos de isolamento e estimativa de ruído que uma fonte produz em determinada distância.

A intensidade do som (I) é a quantidade de energia contida no movimento vibratório. Essa intensidade traduz com maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora e pode ser determinada através da energia e pela pressão do ar (FUNDACENTRO, 2001).

### 2.2.3 Tipos de Ruído

Conforme Fundacentro (2001), o ruído pode ser classificado em três tipos:

- Ruído contínuo ou intermitente: apresenta variação de nível de intensidade sonora muito pequena em função do tempo. Exemplos: geladeiras, compressores e ventiladores;
- Ruído flutuante: apresenta grande variação de nível de intensidade em função do tempo. Exemplos: afiação de ferramentas, soldagem e trânsito de veículos;
- Ruído impulsivo ou de impacto: apresentam altos níveis de intensidade sonora, em um intervalo de tempo muito pequeno. Exemplo: impressoras, rebiteiras, britadeiras e prensas.

De fato, e conforme Saliba (2004), o ruído contínuo é aquele cujo nível de pressão sonora varia 3 dB(A) durante um período longo (mais de 15 minutos). Para o ruído intermitente o nível de pressão sonora varia até 3 dB(A) em curtos períodos, estes segundo menores que 15 minutos. Para fins de avaliação quantitativa desse agente, as Normas não diferenciam estes dois tipos de ruído.

O ruído de impacto é definido pela Norma Regulamentadora (NR 15), como picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo (BRASIL, 2017a).

#### 2.2.4 Limites de Tolerância e Insalubridade

O ruído é um poluente com controle complexo devido à sua diversidade de origens e por sua presença reconhecida principalmente nas grandes metrópoles. Para restringir os problemas gerados por níveis excessivos de ruído, são estabelecidos limites sonoros para diversas atividades com objetivo de assegurar o conforto da comunidade (SALIBA, 2004).

Entende-se por limite de tolerância conforme a Norma Regulamentadora (NR 15), a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral (BRASIL, 2017a).

De acordo com SALIBA (2004), a dose (D) é um parâmetro para caracterização da exposição ocupacional ao ruído expresso em porcentagem de energia sonora. Tem por referência o valor máximo de energia sonora diária permitida e pode ser calculada pela seguinte equação:



$$D = C1 / T1 + C2 / T2 + C3 / T3 + \dots + Cn / Tn \quad (1)$$

onde:

Cn é o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico;

Tn é a duração máxima da exposição diária permissível a esse nível (tabela 1)

Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de níveis diferentes, devem ser avaliados os seus efeitos combinados, conforme a equação 1, de forma que, se uma ou a soma de duas ou mais frações exceder a unidade, a exposição será considerada acima do limite permissível ou de tolerância (BRASIL, 2017a).

A Norma Regulamentadora (NR 15), apresenta os limites de tolerância para os níveis de ruído de 85 dB à 115 dB (tabela 1), em relação ao tempo máximo de exposição diária permissível (BRASIL, 2017a).

**Tabela 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**

<b>Nível de ruído dB (A) permissível</b>	<b>Máxima exposição diária</b>
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

---

**Fonte: BRASIL (2017a).**

Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a este limite sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente (BRASIL, 2017a).

Ainda de acordo com a Norma Regulamentadora (NR 15), é estabelecido que os trabalhadores podem ficar expostos a ruídos de, no máximo, até 85 dB(A) durante sua jornada de trabalho diária de 8 horas, onde níveis acima desse patamar oferecem riscos para a saúde do trabalhador (BRASIL, 2017a).

Conforme a NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos ambientais, devem ser iniciadas ações preventivas para dose de ruído superior a 0,5 (superior a 50%), de forma a reduzir a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais excedam os limites de exposição. Este valor é considerado como nível de ação e se faz necessário o monitoramento periódico da exposição, medidas de prevenção, além do controle médico (BRASIL, 2017b).

Atividades ou operações insalubres são aquelas que, por sua natureza, condições, ou métodos de trabalho, exponham os empregados e agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância em razão da intensidade do agente e tempo de exposição aos seus efeitos (BRASIL, 2017d).

Conforme Barsano (2012), para configurar a existência do direito ao adicional de insalubridade, é necessário a perícia constatar que o ambiente de trabalho é agressivo à saúde do empregado, além de avaliar conforme o que é determinado como insalubre para o Ministério do Trabalho. Saliba (2004), complementa que para caracterização de insalubridade em caso de ruído é necessária uma avaliação quantitativa em função do tempo de exposição.

Atividade desenvolvida com a presença de ruído contínuo ou de impacto acima dos limites de tolerância, são previstas como insalubres de acordo com a Norma Regulamentadora (NR 15). Condições insalubres assegura o funcionário a percepção do adicional incidente sobre o salário mínimo da região equivalente a 40%, 20% ou 10% conforme seu grau. (BRASIL, 2017a).

De acordo com Barsano (2012), a eliminação ou neutralização da insalubridade determina o término do pagamento do adicional que será caracterizada por meio de avaliação pericial por órgão competente, que comprove a inexistência de risco à saúde do trabalhador.

### 2.2.5 Efeitos do Ruído

A audição é um dos sistemas mais elaborados e sensíveis do organismo humano. O avanço da ciência sobre o estudo sobre deste sistema, possibilita hoje o diagnóstico precoce de muitas alterações auditivas, permitindo intervenções terapêuticas cada vez mais eficazes (SAVI, 2012).

Conforme FIEP Brasil (2011), pesquisas experimentais revelaram que a exposição a níveis elevados de ruído por um curto período de tempo, pode desenvolver respostas cardiovasculares semelhantes às que ocorrem no estresse agudo, com aumento da frequência cardíaca e da pressão sanguínea. O excesso de ruído atua diretamente no sistema nervoso autônomo nas horas de folga, no sono, afetando a saúde, bem-estar e favorecendo o surgimento de doenças.

As consequências principais que o trabalhador pode sofrer com os ruídos ocupacionais é a perda da audição e o trauma acústico. A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) acontece através da redução gradual da acuidade auditiva causada pela exposição contínua aos níveis elevados de pressão sonora. Já o trauma acústico, ocorre pela perda súbita da acuidade auditiva, por meio de uma única exposição à pressão sonora intensa (MS, 2006).

De acordo com Vieira (2008), a surdez profissional pode ocorrer através de exposição prolongada (meses ou anos) de indivíduos suscetíveis em níveis elevados (90 à 120 dB(A)) ou exposição curta em níveis maiores (120 à 160 dB(A)), ocasionando perda progressiva da audição. Além deste tipo de exposição, a surdez pode ser promovida por exposição repentina a ruídos estrondosos, provocando ruptura da membrana do tímpano (150 à 160 dB(A)). O exame para constatar a surdez profissional é o audiométrico.

Fundacentro (2001), complementa que a exposição ao excesso de ruído pode acarretar sintomas de ordem auditiva e/ou extra auditiva, dependendo das características do risco, da exposição e do indivíduo. São reconhecidos como efeitos auditivos: o zumbido, a perda auditiva e as dificuldades na compreensão da fala. São

considerados sintomas extra auditivos: transtornos da comunicação, os problemas neurológicos, digestivos, comportamentais, cardiovasculares e hormonais.

### 2.2.6 Controle do Ruído

Os controles de ruídos são medidas necessárias para reduzir o efeito do ruído sobre as pessoas. Controle não significa supressão, mas sim, manipulação do efeito (FUNDACENTRO, 2001).

Conforme Vieira (2008), as técnicas de controle do ruído vão se aperfeiçoando e derrubando o mito de que este risco e suas consequências são próprios a certas ocupações. Existem medidas de controle de ruído que são implementadas antes da construção e instalação de uma indústria, tais como zoneamento, projeto adequado e distribuição adequada de suas fontes.

Conforme Rodrigues (2009), a redução do ruído pode ser realizada através de soluções técnicas para atenuação no ambiente, ou então, caso a engenharia de controle de ruído não seja suficiente, pela adoção de equipamentos de proteção individual e/ou medidas administrativas. Fernandes (2015), complementa que o controle do ruído pode ser realizado através da sua fonte, propagação ou direto no trabalhador.

#### 2.2.6.1 Controle na fonte

A fonte é considerada a própria causa do ruído, que pode ser ocasionada por fatores mecânicos, pneumáticos, explosões ou implosões, hidráulicas ou magnéticas.

Conforme Rodrigues (2009), o controle na fonte consiste em reduzir a emissão sonora da mesma, através de modificações no funcionamento do equipamento e tratamento acústico nos sistemas que geram o ruído. Saliba (2004) complementa com alguns exemplos:

- Substituir equipamentos por outro mais silencioso;
- Balancear e equilibrar partes móveis;
- Lubrificar eficazmente rolamento e mancais;

- Reduzir impactos na medida do possível;
- Alterar o processo;
- Regular os motores.

#### 2.2.6.2 Controle por propagação

Quando não é possível o controle do ruído na fonte, ou a redução for insuficiente, deve ser considerada medidas com objetivo de controlar o ruído na sua trajetória de propagação, evitando que o som dissemine a partir da fonte ou evitando que o ruído alcance o receptor.

Conforme Rodrigues (2009), os métodos mais utilizados para atenuação do ruído por propagação são:

- Aumentar a distância entre a fonte sonora e o receptor;
- Enclausuramento do equipamento ruidoso;
- Tratamento acústico das superfícies do ambiente;
- Barreiras acústicas;
- Separação de áreas ruidosas por divisórias.

O isolamento acústico das fontes ruidosas consiste na colocação de barreiras isolantes e absorventes de som. Melhores resultados serão obtidos se as barreiras forem revestidas internamente com material absorvente de som e a face externa com isolante (SALIBA, 2004).

#### 2.2.6.3 Controle no trabalhador

Quando as outras medidas falharem, deve-se considerar as medidas de controle no trabalhador. Elas podem ser utilizadas como complemento às medidas anteriores, ou quando não forem suficientes (SALIBA, 2004).

- Reduzir o tempo de exposição aos níveis de ruído acima de 85 dB;
- Aumentar distância entre o trabalhador e a fonte de ruído;
- Variação nas atividades;
- Limitar o acesso a setores muito ruidosos;
- Utilizar equipamentos de proteção individual.

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR 6), o Equipamento de Proteção Individual – EPI, é 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 (BRASIL, 2017c).

Ainda conforme a NR 6, o empregador é o responsável por fornecer o EPI correto conforme o nível e tipo de risco, sempre que os outros controles não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças ocupacionais. Além disso, o trabalhador deve ser orientado e treinado quanto ao correto uso (BRASIL, 2017c).

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 (RAMOS, 2013).

- Moldável: fabricado com material especial de espuma moldável, antialérgica e possui nível de atenuação de até 16 dB(A). Adaptável a vários tamanhos de canais auditivos e quanto a higiene é recomendado o descarte após uso;
- Pré-moldado: fabricado em silicone, com flanges de diferentes densidades. São de fácil inserção, possuem nível de atenuação de 16 a 17 dB(A) e se higienizados corretamente não perdem sua capacidade de atenuação;
- Concha: confeccionado em material leve tipo polímero de alta densidade em formato de concha com vedação por 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.

### 2.2.7 Atenuação do ruído

A fórmula para o cálculo do ruído que chega a uma orelha protegida tem a função de selecionar a atenuação mais adequada para cada nível de exposição. A imagem a seguir, sugere os níveis ideais de intensidade (3M DO BRASIL, 2017).



**Figura 1 – Atenuação de ruído desejável**  
**Fonte: 3M do Brasil (2017).**

A Superatenuação não oferece risco direto de perda auditiva, mas sim ao risco de limitar a audição do usuário a ponto de dificultar a identificação de sinais sonoros importantes para a sua segurança, gerando enorme potencial de acidentes. Para que o protetor auditivo seja eficiente e proporcionar uma proteção real e efetiva é necessário que ele seja utilizado durante 100% do tempo de exposição (3M DO BRASIL, 2017).

A atenuação de ruído não deve ser utilizada como o critério exclusivo de escolha entre diferentes protetores. Outros fatores têm importância significativa ou mesmo preponderante, tais como: conforto, adequação ao ambiente de trabalho, necessidade de comunicação do usuário, higiene, entre outros (GERGES, 2000).

O Nível de Redução de Ruído (NRR) é uma medida expressa em dB(A) que representa o nível de atenuação específico de um protetor auricular. O propósito deste sistema de monitoramento é simplificar a seleção dos protetores auriculares baseado na efetividade do seu nível de atenuação (RAMOS, 2013).

No Brasil, os fabricantes e importadores de protetores auriculares são responsáveis em contratar laboratórios para realizar os ensaios necessários, de modo a estabelecer os níveis de atenuação dos equipamentos. As principais normas de ensaios são: ANSI S3.19-1974, ANSI S12.6-1984, ANSI S12.6-1997 A e B e ISO 4869-1/1990 (MORAES, 2014).

Moraes (2014), complementa que a Norma ANSIS S12.6-1984 caracteriza a margem de segurança recomendada para a correção da atenuação dos protetores auriculares:

- Protetor moldável: multiplicar o NRR de laboratório por 0,5.
- Protetor pré-moldado: multiplicar o NRR de laboratório por 0,3.
- Protetor circum-auricular; multiplicar o NRR de laboratório por 0,75

Segundo Fantini (2017) e em conformidade com a NR 15, para determinar o nível representativo da exposição ( $N_{REP}$ ) deve-se utilizar a equação 2:

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (2)$$

Onde:

85 = Limite de exposição para 8 horas em dB(A)

16,61 = Constante

D = Dose do ruído

### 2.2.8 Instrumentos de Medição

A NR 15, estabelece que os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB), com o instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e no circuito de resposta lenta. Já a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), recomenda que o nível de pressão sonora seja determinado por um medidor de nível de pressão sonora ou decibelímetro que determina o nível instantâneo de ruído (BRASIL, 2017a).

Os aparelhos de nível de pressão sonora mais modernos, possuem memória com armazenamento de dados, os modelos mais simples ou antigos oferecem apenas a opção de leitura imediata dos níveis de ruído no visor. O microfone é importante na composição do equipamento, pois sua função é transformar o sinal de pressão mecânica em sinal elétrico. Normalmente os decibelímetros utilizados no Brasil operam entre 30 à 140 Decibéis (FANTINI NETO, 2017).

## 2.3 INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

O Brasil destaca-se mundialmente por produzir e abastecer os mercados com expressivos volumes de papel de embalagem, papéis de imprimir e escrever e



papel cartão. Em 2010, o setor posicionou-se como 10º produtor mundial de papel e, em 2012, produziu 10,3 milhões de toneladas do produto. Esta quantidade expressiva de produção é reflexo do desenvolvimento socioeconômico e do aumento de renda da população (BRACELPA, 2017).

As empresas papelarias estão sendo cada vez mais pressionadas pela legislação para reduzir os impactos ambientais característicos de seus processos. Desta forma, para aderir a esta tendência, as indústrias buscam adequar-se às exigências legais destinadas a proteger o meio ambiente, por meio de ações modificadoras do processo, tais como redução de geração de efluentes na fonte, desenvolvimento de tecnologias para tratamento externo, recuperação e reaproveitamento de efluentes (FONSECA *et al.*, 2003).

### 2.3.1 Etapas do processo produtivo e caldeira de biomassa

A madeira é a principal fonte de matéria-prima para produção de papel, devido ser economicamente viável, fornecer as características desejadas, ser disponível em quantidade durante todo o ano e ser renovável (LOPES, 1998).

Nas florestas plantadas, após o cultivo, crescimento e colheita que demora em média 5 a 7 anos, a madeira é transportada até a empresa papelaria, para ser descascada e picada em pequenos pedaços, chamados de cavaco. Estes cavacos são peneirados de forma que fiquem dentro de uma faixa de diâmetro proporcional e preestabelecida, retirando lascas e finos e depois são submetidos a processos mecânicos e químicos para a produção da celulose (BRACELPA, 2017).

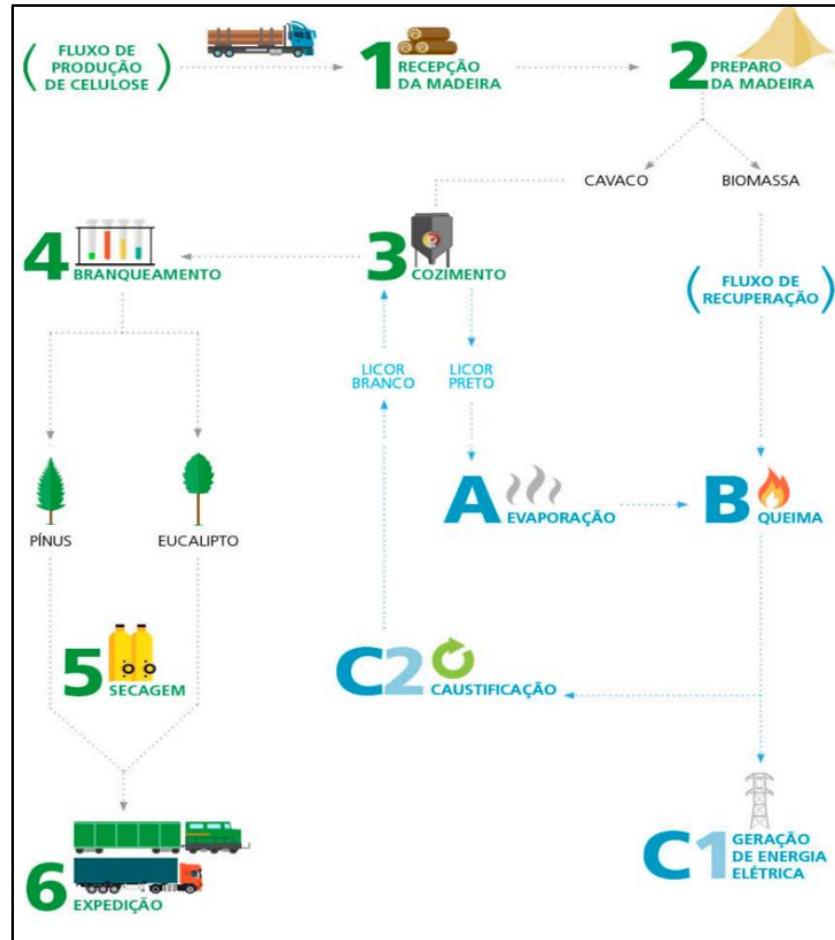
De acordo com Lopes (1998), a polpação da fibra da celulose pode ser dividida nas seguintes fases:

- Cozimento: Os cavacos são colocados no digestor onde são tratados com produtos químicos e submetidos à temperatura, pressão e tempo variável. O cozimento tem por objetivo, separar a lignina, extrativos e outros materiais não celulósicos. A lignina é recuperada para reutilização dos reagentes químicos.

- Depuração: A depuração é o processo que separa as impurezas que não foram cozidos no digestor, tais como: areia e palitos.
- Lavagem: A lavagem separa as fibras que foram liberadas durante o processo de cozimento, das substâncias extraídas da madeira dissolvidas.

Além do processo de polpação, existem os processos de recuperação química do licor negro extraído do cozimento da madeira e a geração de vapor para abastecimento da fábrica e produção de energia (KLABIN, 2017):

- Recuperação química: o licor preto gerado no processo de cozimento passa pelo processo de evaporação, onde é concentrado a 80% de sólidos.
- Queima: a queima do licor preto concentrado acontece na caldeira de recuperação. A porção orgânica do licor preto que entra em combustão gera vapor, que alimenta o processo e também se converte em energia elétrica nos turbogeradores. A porção inorgânica (smelt) segue para o processo de caustificação, para gerar licor branco novamente para o digestor. A madeira não aproveitada no cozimento é queimada na caldeira de biomassa, que produz vapor para a geração de energia, nos mesmos turbogeradores.
- Caustificação e fornos de cal: processo de recuperação do smelt, que forma o licor verde e regenera o licor branco, que volta para o digestor



**Figura 2 – Fluxograma da produção de celulose e recuperação química**  
**Fonte: Klabin (2017).**

A crise energética e o reconhecimento dos impactos causados ao meio ambiente pelo sistema produtivo provocaram o surgimento e a intensificação de iniciativas de produção de energias renováveis, associando tal produção à temática ambiental (FLANDOLI, 2014).

Caldeira de biomassa, também conhecida como caldeira de força, tem a função principal de complementar à geração de vapor para a produção de celulose e energia elétrica da fábrica. Para isso, utiliza como seu principal combustível a biomassa (FOELKER, 2016).

A biomassa de eucalipto tem sido utilizada como fonte de combustível para as fábricas de papel e celulose no Brasil em diversas unidades, pois é um material de origem renovável e seu crescimento tem uma velocidade acelerada em regiões de clima tropical, onde a colheita é feita com idade de 5 a 7 anos (LEITE *et al.* 2008).

Conforme Foelker (2016), a caldeira de biomassa consegue, com a queima do combustível, liberar a energia química presente como energia primária em uma biomassa energética. Essa energia liberada (calor) é transferida para a água, que se

converte em vapor. Quanto mais se aquecer o vapor e o pressurizar, maior será a capacidade desse vapor em reter energia térmica para depois transferir essa energia a outros processos demandando por energia.

O vapor é utilizado em larga escala na indústria, seja para proceder a aquecimentos de sistemas (inclusive do ar) ou para acionamento mecânico. As turbinas são exemplos desse tipo de conversão de energia térmica em energia mecânica, pois o vapor transfere sua energia para o eixo rotativo das turbinas. Essa energia mecânica será a fonte de energia para os geradores produzirem eletricidade (FOELKER, 2016).

Conforme Altafini (2002), são vários os riscos à que operadores de caldeira estão expostos durante suas atividades, tais como:

- Explosão: pressão superior à pressão atmosférica.
- Queimadura: contato com água quente, vapor e óleo aquecido.
- Ergonômico: movimentos desordenados e excessivos, localizados ou generalizados: visores mal posicionados, manômetros instalados em ângulos inadequados, válvulas emperradas.
- Ruído: desconforto provocado pelo alto nível de ruído em exposição ao processo de queima da biomassa, limpeza de grelha, turbos geradores, entre outras operações.
- Desconforto térmico: alta temperatura em frente às fornalhas.
- Radiação infravermelha: olhos expostos em operação de regulagem de chama.
- Intoxicação: fumaça, gases e vapores expelidos pelas caldeiras com presença de monóxido de carbono.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 EMPRESA**

O estudo de caso presente neste trabalho foi realizado em uma indústria papelreira com processo integrado de papel e celulose. A empresa opera 24 horas por dia durante os 365 dias do ano e é reconhecida pela sua excelência e alto desempenho da linha de papéis kraft que são garantidos pela origem da sua matéria prima. A madeira utilizada para a produção de celulose é proveniente de florestas plantadas exclusivamente para este fim e manejadas de acordo com práticas sustentáveis.

##### **3.1.1 Operação da caldeira de biomassa**

A caldeira de energia opera com êxito há mais de 15 anos e é abastecida por biomassa de eucalipto e madeira de reaproveitamento (cascas e madeira de demolição). Anualmente, durante a parada geral da empresa para manutenção, a caldeira é inspecionada por técnico responsável de acordo com a Norma regulamentadora NR 13 – Caldeiras e vasos de pressão, visando à saúde e segurança dos trabalhadores.

#### **3.2 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO PARA RUIDO OCUPACIONAL**

A operação da caldeira de biomassa é realizada em quatro turnos rotativos e um turno fixo, com carga horária diária de 08 horas, totalizando 44 horas semanais.

A medição de ruído foi realizada em todas as atividades exercidas conforme a descrição de cargo do funcionário apresentada no PPRA (Programa de Prevenção de riscos ambientais) da empresa. Atualmente são 07 funções em cada turno rotativo e 01 função no turno fixo.

Tabela 2- Legenda de funcionários

Nome	Função
Funcionário 1	Coordenador
Funcionário 2	Supervisor
Funcionário 3	Operador de turbo gerador
Funcionário 4	Operador painel caldeira de biomassa
Funcionário 5	Operador área turbo gerador
Funcionário 6	Operador área caldeira de biomassa
Funcionário 7	Auxiliar operacional caldeira de biomassa
Funcionário 8	Operador de tratamento de água

Fonte: A Autora (2017).

Para a medição quantitativa de ruído ocupacional, foi utilizado um decibelímetro da marca Instrutherm, modelo DEC-5010 digital. Conforme as recomendações da Norma Regulamentadora – NR 15 e classificando o ruído ao que os funcionários estão expostos como contínuo, o equipamento de medição foi configurado para circuito de compensação A e circuito de resposta lenta (SLOW), e as leituras foram realizadas próximo ao ouvido dos trabalhadores conforme suas atividades.

Após mapeamento dos resultados das medições, foi realizado os cálculos da Dose de exposição diária e de atenuação do ruído de acordo com o tipo de protetor utilizado e na sequência, comparativo com o limite de tolerância conforme a Norma Regulamentadora NR 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos ambientais.

Para as atividades que oferecerem riscos à saúde do trabalhador, foi avaliado se o protetor auricular oferecido pela empresa possui atenuação necessária para reduzir o nível de intensidade e proteger o funcionário à determinada exposição conforme Normas Regulamentadora NR 09 e NR 15.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e as discussões das medições de ruído ocupacional, obtidos com a aplicação da metodologia descrita, referentes às atividades desenvolvidas pelos trabalhadores do setor da caldeira de biomassa na indústria papeleira.

### 4.1 MEDIÇÕES DE RUÍDO OCUPACIONAL

As medições foram realizadas durante as atividades dos funcionários em um período de trabalho normal, sob condições climáticas satisfatórias.

#### 4.1.1 Ruído ocupacional - coordenador

O operador 01 é responsável por coordenar todas as atividades do setor, acompanhando o funcionamento da caldeira, turbo gerador e subestação, além, de fazer o reporte dos resultados à gerência industrial. A tabela 3 apresenta os resultados das medições de ruído ocupacional durante as principais atividades de sua exposição diária.

**Tabela 3 – Funcionário 01 (Coordenador de utilidades)**

	<b>Atividade</b>	<b>Medição dB(A)</b>	<b>Tempo de exposição (min)</b>	<b>Limite de tolerância NR 15 (T)</b>	<b>Dose diária (D)</b>
1	Coordenar as atividades do setor de utilidades e verificar informações do processo no boletim diário	86,0	200	420	
2	Acompanhar funcionamento de turbo gerador e caldeira	95,9	160	105	2,33
3	Acompanhar funcionamento da subestação	87,0	120	360	

**Fonte: A autora (2017).**

Aplicando a equação (1) apresentada no item 2.2.4 deste estudo de caso, o resultado da dose diária de 2,33 ultrapassou o limite de exposição que deve ser  $D=1$

conforme a Norma Regulamentadora NR 15. Foi observado durante a medição, que este funcionário utiliza o protetor pré-moldado durante as oito horas trabalhadas, assim como todos os outros funcionários do setor. Conforme o número do CA (Certificado de aprovação) do equipamento de proteção, a atenuação é de 16 dB(A) (NRRsf).

Sendo assim, utilizando a dose (D) já calculada e a fórmula do nível representativo ( $N_{REP}$ ), conforme equação (2) apresentada no item 2.2.7, é determinado a atenuação necessária do ruído de acordo as Normativas, como demonstrado a seguir:

$$D = 2,33$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (3)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 2,33$$

$$N_{REP} = 91,10 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 91,10 - 85 = 6,1 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 6,1 + 5 = 11,1 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) (NRRsf) > 6,1 dB(A) e 11,1 dB(A)

O nível representativo de exposição do funcionário 01 para carga horária de 08 horas trabalhadas é de 91,10 dB(A). Comparando com o limite estabelecido pela NR 15 que é de 85 dB(A), o protetor utilizado pelo funcionário atende a atenuação necessária de 6,1 dB(A) descaracterizado neste caso, o ambiente de trabalho como insalubre, desde que utilizado o EPI de forma correta.

Em relação à NR 9 onde o limite diário de exposição é de 80 dB(A), o nível de ação também ficou dentro do permitido, não sendo exigido ações preventivas quando utilizado o protetor.



#### 4.1.2 Ruído ocupacional - supervisor

O funcionário 02, nomeado como supervisor de utilidades é responsável por distribuir e controlar as atividades de seus subordinados para garantir a efetividade de operação da caldeira.

**Tabela 4 – Funcionário 02 (Supervisor de utilidades)**

	<b>Atividade</b>	<b>Medição dB(A)</b>	<b>Tempo de exposição (min)</b>	<b>Limite de tolerância NR 15 (T)</b>	<b>Dose diária (D)</b>
1	Analisar funcionamento da caldeira e torres de resfriamento para evitar riscos de acidentes	87,8	60	300	
2	Acompanhar processo: consumo de água na caldeira, produtos e sistema de controle de gases quanto ao correto funcionamento	85,0	120	480	1,66
3	Acompanhar os boletins diários de produção do setor para garantir a geração de vapor e redução de consumo da energia da Copel	85,0	120	480	
4	Supervisionar limpeza da fornalha	87,9	90	300	
5	Supervisionar funcionamento do turbo gerador	93,9	90	135	

**Fonte: A autora (2017).**

A dose de ruído que este colaborador está exposto  $D = 1,66$  excedeu o limite conforme a NR 15. Desta forma, também é obrigatório o uso de protetor auricular para atenuação do ruído. O protetor utilizado durante todas as atividades é o pré-moldado com atenuação de 16 dB(A) (NRRsf). Sendo assim:

$$D = 1,66$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (4)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 1,66$$

$$N_{REP} = 88,65 \text{ dB(A)}$$

$$\text{NRR}_{\text{NR 15}} = 88,65 - 85 = 3,65 \text{ dB(A)}$$

$$\text{NRR}_{\text{NR 9}} = 3,65 + 5 = 8,65 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) (NRRsf) > 3,65 dB(A) e 8,65 dB(A)

Aplicando a equação do Nível Representativo de Exposição, observa-se que a atenuação necessária para atender o limite estabelecido pela NR 15 é de 3,65 dB(A) e pela NR 9 é de 8,65 dB(A), devido a margem de segurança de 5dB(A). O protetor auricular utilizado pelo funcionário atende a atenuação necessária para as duas Normativas que estão sendo comparadas.

#### 4.1.3 Ruído ocupacional – operador de turbo gerador

O funcionário 03 é o operador de turbo gerador, responsável pelo funcionamento da turbina que abastece a indústria de energia e vapor.

**Tabela 5 – Funcionário 03 (Operador de turbo gerador)**

Atividade	Medição dB(A)	Tempo de exposição (min)	Limite de tolerância NR 15 (T)	Dose diária (D)
1 Acompanhar o funcionamento das turbinas com base nos parâmetros pré-estabelecidos de temperatura, água, óleo, entre outros, anotando no boletim de leituras.	85,0	120	480	1,11
2 Controlar as operações do sistema de turbina através de painel	86,0	360	420	

**Fonte: A autora (2017).**

Este operador recebe carga menor comparado com os outros funcionários já mencionados, pois suas atividades são realizadas apenas em salas de controle de produção. Mesmo recebendo carga menor, sua dose diária  $D=1,11$  também ultrapassou do limite da NR 15 e, portanto, o protetor auricular pré-moldado é utilizado para reduzir a exposição.

$$D = 1,11$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (5)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 1,11$$

$$N_{REP} = 85,75 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 85,75 - 85 = 0,75 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 0,75 + 5 = 5,75 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) ( $NRR_{sf}$ ) > 0,75 dB(A) e 5,75 dB(A)

Com o uso do protetor auricular, o funcionário atende a NR 15 e a margem de segurança da NR 9, não sendo necessárias outras de prevenção para atendimento a legislação.

#### 4.1.4 Ruído ocupacional - operador painel caldeira de biomassa

O operador de painel da caldeira de biomassa exerce suas atividades somente na sala da caldeira. É responsável por controlar os parâmetros de pressão, temperatura, alimentação de água e demais condições necessárias de operação.

**Tabela 6 – Funcionário 04 (Operador painel caldeira de biomassa)**

Atividade	Medição dB(A)	Tempo de exposição (min)	Limite de tolerância NR 15 (T)	Dose diária (D)
1 Controlar os parâmetros de pressão e temperatura da caldeira e tomar as ações necessárias em caso de irregularidades. Controlar a alimentação de água para caldeira por meio de acionamento de bombas.	85,0	480	480	1

**Fonte: A autora (2017).**

A dose diária de ruído atende o limite da NR 15. Para margem de segurança recomendada pela NR 9 é necessário continuar utilizando o protetor auricular, conforme cálculos a seguir:

$$D=1$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (6)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 1$$

$$N_{REP} = 85 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 85,0 - 85 = 0 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 0 + 5 = 5 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) (NRRsf) > 0 dB(A) e 5 dB(A)

#### 4.1.5 Ruído ocupacional - operador de área turbo gerador

O funcionário 05 é o funcionário que mais está exposto à ruído durante sua jornada de trabalho. Ele é responsável por operar o turbo gerador e fica a maior parte do tempo ao lado da turbina, controlando o sistema.

**Tabela 7– Funcionário 05 (Operador de área turbo gerador)**

	Atividade	Medição dB(A)	Tempo de exposição (min)	Limite de tolerância NR 15 (T)	Dose diária (D)
1	Operar o sistema das turbinas e realizar leituras de acompanhamento.	99,3	300	60	6,33
2	Auxiliar limpeza da caldeira/fornalha.	94,1	180	135	

Fonte: A autora (2017).

A dose de ruído é de 6,33, ou seja, mais que seis vezes o permitido conforme a NR 15. O protetor utilizado também é o pré-moldado com atenuação de 16 dB(A) (NRRsf). Sendo assim:

$$D= 6,33$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (7)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 6,33$$

$$N_{REP} = 98,31 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 98,31 - 85 = 13,31 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 13,31 + 5 = 18,31 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) ( $NRR_{sf}$ ) > 13,31 dB(A) e < 18,31 dB(A)

Conforme cálculo de atenuação, é necessário iniciar ações preventivas, pois o protetor auricular utilizado pelo funcionário atende a NR 15, porém, não é suficiente para atender a margem de segurança da NR 9.

#### 4.1.6 Ruído ocupacional - operador de área caldeira biomassa

Este funcionário é responsável por todas as atividades de área para operação do turbo gerador, conforme tabela 8.

**Tabela 8 – Funcionário 06 (Operador de área caldeira biomassa)**

	<b>Atividade</b>	<b>Medição dB(A)</b>	<b>Tempo de exposição (min)</b>	<b>Limite de tolerância NR 15 (T)</b>	<b>Dose diária (D)</b>
1	Verificar o funcionamento de todo o sistema de motores, bombas e ventiladores.	98,0	250	75	5,17
2	Realizar limpeza de grelha.	95,9	170	105	
3	Efetuar limpeza do sistema de peneiras do silo de cinzas e drenar tanques quando necessário.	89,1	60	270	

**Fonte: A autora (2017).**

A dose diária de 5,17 ultrapassou o limite de tolerância conforme a Norma Trabalhista. Por este motivo e para minimizar o efeito do ruído, este operador também utiliza o protetor auricular de atenuação 16 dB(A) ( $NRR_{sf}$ ). Sendo assim:

$$D = 5,17$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (8)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 5,17$$

$$N_{REP} = 96,85 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 96,85 - 85 = 11,85 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 11,85 + 5 = 16,85 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) ( $NRR_{sf} > 11,85 \text{ dB(A)}$  e  $< 16,85 \text{ dB(A)}$ )

Assim como o caso do funcionário 05, o protetor utilizado apenas é suficiente para atendimento a NR 15. O equipamento que o funcionário utiliza possui atenuação de 16 dB(A) e para enquadramento a NR 9, ações são necessárias para reduzir seu nível de exposição que é de 96,85 dB(A).

#### 4.1.7 Ruído ocupacional - auxiliar operacional

O auxiliar operacional controla todo o material antes de ir para a fornalha da caldeira. É responsável por retirar pedaços de madeira fora da especificação e observar o funcionamento da parte mecânica da moega.

**Tabela 9– Funcionário 07 (Auxiliar operacional - moega)**

	<b>Atividade</b>	<b>Medição dB(A)</b>	<b>Tempo de exposição (min)</b>	<b>Limite de tolerância NR 15 (T)</b>	<b>Dose diária (D)</b>
1	Retirar pedaços de madeira fora de padrão, bem como pedras, ferro, cordas, correntes ou qualquer outro objeto que possa danificar o sistema das esteiras e grelhas da caldeira.	88,0	360	300	2,34
2	Manter limpo o setor dos rolos das correias, bem como observar o funcionamento da parte mecânica da moega.	96,0	120	105	

**Fonte: A autora (2017).**

A sua dose diária é de 2,34, ou seja, também é necessário a atenuação para controle da exposição. Sendo assim:

$$D = 2,34$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (9)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 2,34$$

$$N_{REP} = 91,14 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 91,14 - 85 = 6,14 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 4,63 + 5 = 11,14 \text{ dB(A)}$$

Atenuação EPI: 16 dB(A) ( $NRR_{sf}$ ) > 6,14 dB(A) e 11,14 dB(A)

Com o uso do EPI fornecido pela empresa, a atenuação de 16 dB(A) ( $NRR_{sf}$ ) é suficiente para controle da exposição e também para o controle do nível de ação.

#### 4.1.8 Ruído ocupacional - operador tratamento de água

Este funcionário é responsável por operar o sistema de desmineralização da água utilizada na cadeira. Assim como seus colegas, utiliza o protetor auricular tipo plug para executar todas as atividades.

**Tabela 10 – Funcionário 08 (Operador tratamento de água)**

	<b>Atividade</b>	<b>Medição dB(A)</b>	<b>Tempo de exposição (min)</b>	<b>Limite de tolerância NR 15 (T)</b>	<b>Dose diária (D)</b>
1	Lavar os reatores aniônicos e catiônicos com produtos químicos para não danificar a caldeira por depósito de sílica nas paredes ou sujeira em geral	95,0	140	120	
2	Acompanhar o funcionamento das bombas da área para garantir que não desarme ou queime a caldeira por falta de água.	85,0	180	480	1,92
3	Dosar produtos químicos para assegurar a pureza da água por meio de acionamento de bombas de acordo com a análise feita pelo laboratório.	85,9	160	420	

**Fonte: A autora (2017).**

A dose de ruído calculada conforme os níveis de exposição ao ruído é de 1,92, portanto, o funcionário utiliza o protetor auricular para atenuação necessária. Sendo assim:

$$D = 1,92$$

Exposição: 08 horas

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x D \quad (10)$$

$$N_{REP} = 85 + 16,61 \log x 1,92$$

$$N_{REP} = 89,70 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 15} = 89,70 - 85 = 4,70 \text{ dB(A)}$$

$$NRR_{NR 9} = 4,70 + 5 = 9,70 \text{ dB(A)}$$

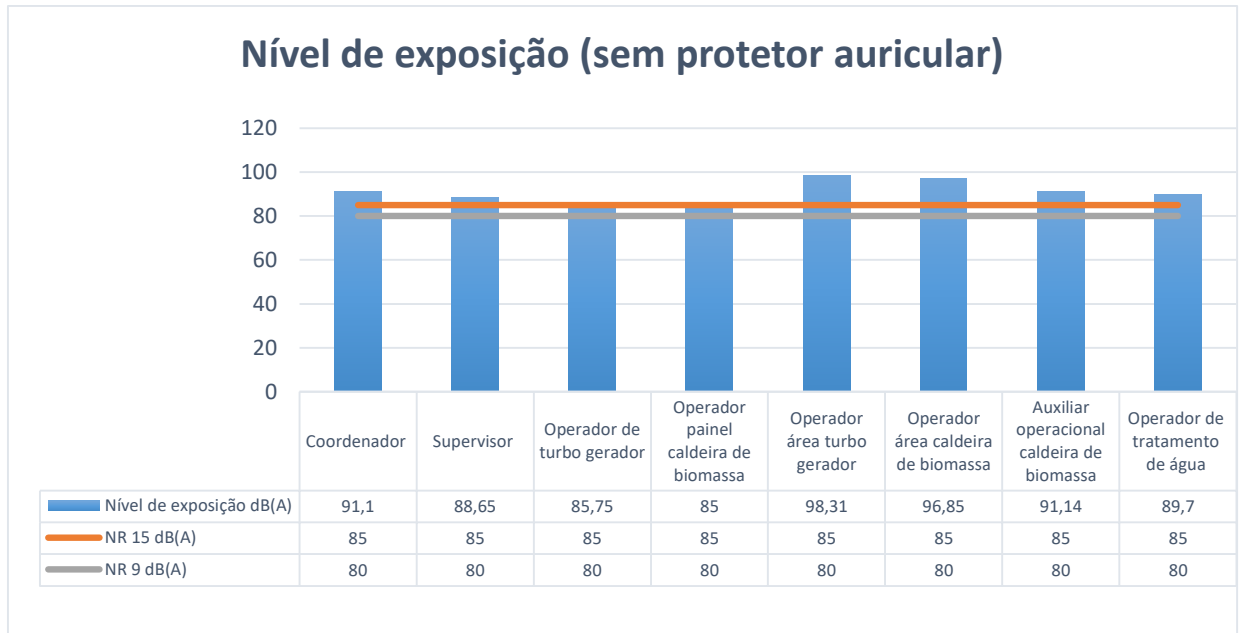
Atenuação EPI: 16 dB(A) ( $NRR_{sf} > 4,70 \text{ dB(A)}$  e  $9,70 \text{ dB(A)}$ )

O EPI utilizado pelo funcionário com atenuação de 16 dB(A) atende o necessário de 4,70 dB(A) conforme a NR 15 e de 9,70 dB(A) para a NR 9.

## 4.2 NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO

A figura 4, apresenta os níveis representativos de exposição de cada função sem a utilização do protetor auricular, com o comparativo dos limites estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras NR 15: 85 dB(A) e NR 9: 80 dB(A). Os resultados foram calculados através das doses diárias de ruído de cada função.

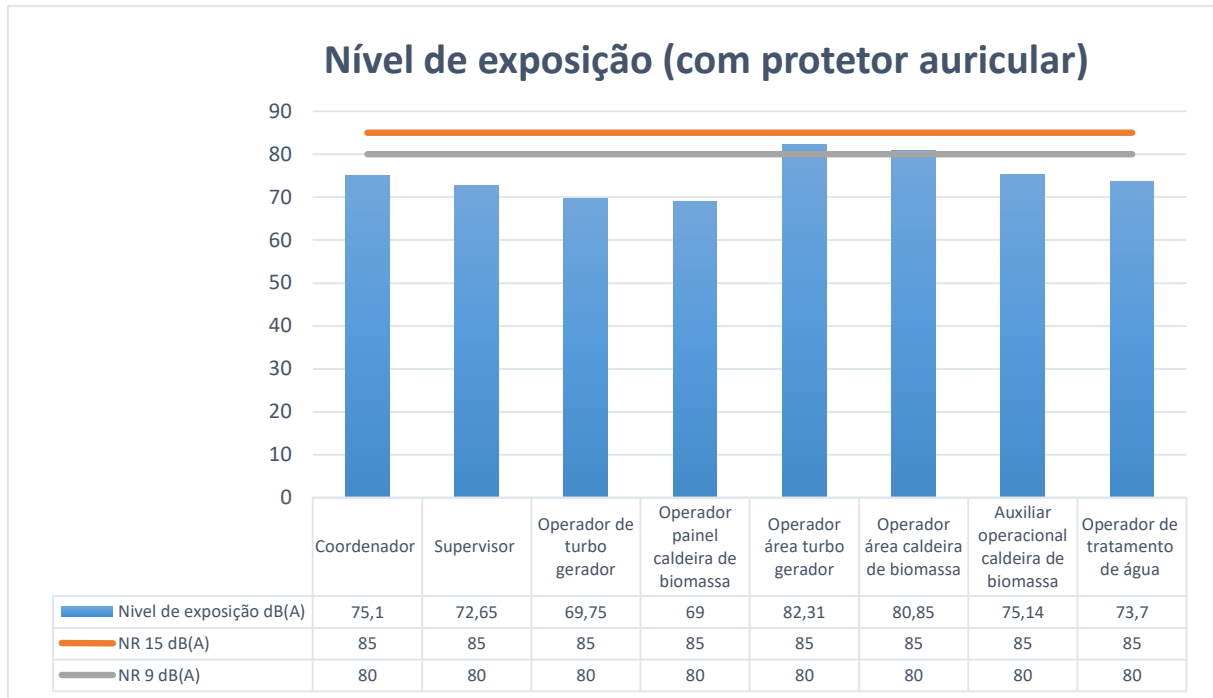




**Figura 4 - Nível de exposição (sem protetor auricular)**  
**Fonte: A autora (2017).**

Conforme apresentado na figura anterior, são necessárias ações de controle com objetivo de reduzir os níveis de exposição nos oito casos analisados para atendimento a Norma Regulamentadora NR 9. Em comparação a Norma Regulamentadora NR 15, o único funcionário que não está exposto ao nível excedente conforme cálculo de dose diária é o operador da caldeira de biomassa, pois atende ao limite de 85dB(A) para carga horária de 08 horas.

A figura 5 demonstra o nível de exposição real dos funcionários com a utilização do protetor auricular do tipo plug e de atenuação 16 dB(A) (NRRsf) fornecido pela indústria.



**Figura 5 - Nível de exposição (com protetor auricular)**  
**Fonte: A autora (2017).**

Sendo assim, o protetor oferecido pela empresa é suficiente para atender o limite de exposição estabelecido pela Norma Regulamentadora NR 15 que é de 85 dB(A), durante carga horária diária de 08 horas trabalhadas. A empresa fornecendo o EPI com as recomendações e treinamentos necessários e com a utilização correta por parte do funcionário, as condições de trabalho são consideradas salubres em todos os casos.

Em comparação com a Norma Regulamentada NR 09, onde o nível de exposição deve ser inferior à 80 dB(A), mesmo com o protetor auricular, os operadores de área do turbo gerador da caldeira de biomassa ultrapassam o limite. Nestes dois casos, são necessárias medidas de controle para redução do ruído.

#### 4.3 RECOMENDAÇÕES GERAIS

As medidas de controle do ruído na fonte ou pela sua propagação, devem ser consideradas antes da atenuação pelo uso do protetor auricular, ou seja, o controle no trabalhador deve ser a última opção de intervenção.

Recomenda-se adotar medidas de controle cujo objetivo é evitar a exposição dos trabalhadores da caldeira para aquelas atividades que apresentaram níveis de ruído excedentes conforme as Normativas. A seguir, será demonstrado algumas

medidas de controle que podem ser adotadas pelo empregador antes de oferecer o protetor auricular aos seus empregados como medida paliativa. Os controles serão apresentados por máquinas/equipamentos visto que alguns funcionários desempenham atividades relacionadas no mesmo posto de trabalho. São eles:

- Motores, bombas e ventiladores: escolher o tipo adequado de bomba no sistema hidráulico; instalar motores e transmissões elétricas mais silenciosas; munir os condutores dos sistemas de ventilação de silenciadores de modo a evitar que o ruído se propague dos locais ruidosos para locais silenciosos; substituir quando possível ventiladores com menor velocidade mas com diâmetro maior para manter a mesma capacidade; utilizar material absorvente de som no interior, como por exemplo a lã de rocha; realizar manutenções preventivas periódicas para evitar o desgaste das peças.
- Rolo das correias: amortecer os choques com uso de revestimento de borracha de grande resistência; realizar manutenções preventivas periódicas para evitar o desgaste das peças.
- Torres de resfriamento: reduzir quando possível, a velocidade e a turbulência do fluido; revestir as tubulações com material absorvente de som no interior como por exemplo a lã de rocha; realizar manutenções preventivas periódicas para evitar o desgaste das peças.
- Fornalha: revestir a fornalha com blindagem exterior resistente, como o caso de chapas metálicas; instalar portas de visita fáceis de abrir para facilitar a limpeza; utilizar materiais de queima fácil para reduzir a quantidade de limpeza da fornalha.
- Peneiras do silo de cinza: manter as engrenagens lubrificadas e em bom estado; realizar revestimento acústico com lã de rocha nas bombas e motores; realizar manutenções preventivas periódicas para evitar o desgaste das peças.
- Turbo gerador: revestir a turbina do turbo gerador com material isolante; utilizar blindagem exterior com chapa metálica para abafar o ruído; alterar o local de funcionamento para sala climatizada com isolamento acústico; realizar manutenções preventivas periódicas para evitar o desgaste.
- Reatores aniônicos e catiônicos: manter os motores e bombas em bom estado com manutenção preventiva.

Para realizar estas modificações é importante projetar as plantas industriais com o engenheiro responsável da indústria para verificar a real possibilidade sem comprometer o processo. Quando estas intervenções não forem suficientes, deve ser considerada a proteção individual.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se após medições de ruído ocupacional, que sete funcionários do setor da caldeira biomassa, dos oito que foram analisados, estão submetidos à níveis excedentes de ruído ocupacional, entretanto, utilizam protetor auricular oferecido pela empresa com capacidade de atenuação suficiente para garantir uma situação salubre quanto a este tipo de risco físico.

O operador do painel da caldeira de biomassa, não apresentou durante suas atividades exposição superior ao limite estabelecido pela Norma Regulamentadora – NR 15, porém, para prevenção e por medida de segurança, também utiliza o equipamento de proteção individual.

Os resultados da exposição de ruído para o coordenador, supervisor, operadores de área da caldeira, turbo gerador, área turbo gerador, tratamento de água e auxiliar operacional, excederam ao limite de exposição, porém, a atenuação com o protetor auricular oferecido pela empresa é suficiente para enquadramento na Norma Trabalhista no conteúdo de condição salubre, desde que utilizado durante a execução de todas as atividades.

Para os operadores de área do turbo gerador e da caldeira de biomassa, além de continuar fornecendo o EPI sempre dentro do prazo de validade, a empresa deverá adotar medidas suficientes para prevenir e reduzir a probabilidade de que a exposição ao ruído ultrapassa o limite de 85 dB(A). Esta condição faz-se necessária pois mesmo utilizando o protetor auricular, os resultados excederam a margem de segurança de 80 dB(A), conhecida como nível de ação.

Recomenda-se para todos os trabalhadores e em especial, aos operadores de área do turbo gerador e da caldeira de biomassa, que a empresa realize o controle na fonte e o controle por propagação de ruído, antes mesmo do controle individual. Estas ações podem ser realizadas através de isolamento acústico e manutenção preventivas nas máquinas e equipamentos, como é o caso das turbinas, bombas e motores. O protetor auricular deve ser oferecido quando as outras duas formas de controle não forem suficientes.

## REFERÊNCIAS

ALTAFINI, Carlos Roberto. **Apostila sobre caldeiras**. 2002 Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso: 12/10/2017.

AMARAL, Bruno Vianna. **Incidência de perda auditiva induzida por ruído ocupacional entre trabalhadores de uma mineradora e pelorizadora de minério de ferro**. 2014. 101 f. Tese (Patologia - Ciências) – Universidade de São Paulo, 2014

BARSANO, Paulo Roberto. **Segurança do Trabalho: guia prático e didático**. 1º Edição. São Paulo: Érica, 2012.

BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Celulose**. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/180>>. Acesso em: 27/09/2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR 15 - Atividades e operações insalubres**. Manual de Legislação Atlas. São Paulo: Atlas, 78ª Edição, 2017a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR 9 – PPRA**. Manual de Legislação Atlas. São Paulo: Atlas, 78ª Edição, 2017b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR 6 - Equipamento de proteção individual**. Manual de Legislação Atlas. São Paulo: Atlas, 78ª Edição, 2017c.

BRASIL. Decreto Lei n. 5452. **Consolidações das Leis de Trabalho - CLT** São Paulo: Saraiva, 9ª Edição, 2017d.

CORTIVO, Fabiana Rodrigues Dall. **Mapeamento Sonoro de Indústria de Celulose e Papel**. 2011. 105 f. Dissertação (Especialização em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

FLANDOLI, Hamilton Rondon. **Uma avaliação das emissões de gases do efeito estufa e de ruídos na produção e geração de bioeletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar**. 2014. 98f. Dissertação (Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Geografia. Campo Grande, 2014.

FANTINI NETO, R. **Higiene do Trabalho – Agentes Físicos**. Apostila de Especialização. UTFPR. Curitiba. 2017.

FIEP BRASIL. Site Institucional da FIEP - Federação das Indústrias do estado do Paraná. **Efeito do ruído**. Disponível em: <<http://www.fiepbrasil.org/colunas/ergonomia-e-ginastica-laboral/652/efeito-ruído-na-saude-ser-humano/>>. Acesso em: 09/09/2017.

FIORINI, A. C. **Audição: impacto ambiental e ocupacional**. 1ª Edição. São Paulo: Roca, 2004.

FONSECA, José Alberto Vinha M. da. *et.al*. **Tratamento de efluentes líquidos de indústria de papel e celulose**. São Paulo: UNICAMP, 2003. Disponível em: <[http://www.universoambiental.com.br/AGUA/Imagens\\_Arq/papel%20celulose.pdf](http://www.universoambiental.com.br/AGUA/Imagens_Arq/papel%20celulose.pdf)>. Acesso: 27/09/2017.

FOELKEL, Celso. **Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade**. Eucalyptus Online Book e Newsletter: 2016. Disponível em: <[http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT44\\_Geracao\\_Calor\\_Vapor\\_Eletricidade.pdf](http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT44_Geracao_Calor_Vapor_Eletricidade.pdf)>. Acesso: 12/10/2017.

FUNDACENTRO. **NHO-01 – Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo: 2001. Disponível em: < <http://files.segurancaocupacional-alexssandro.webnode.com.br/200000044-5eaa55fa43/NHO-01%20RUIDO.pdf>>. Acesso: 05/9/2017.

GANIME, JF., et al. **O ruído como um dos riscos ocupacionais: uma revisão da literatura**. Revista Eletrônica Enfermería Global: 2010. Disponível em: <[http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/pt\\_revision1.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/pt_revision1.pdf)>. Acesso em: 09/09/2017.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2 ed. Florianópolis: NR, 2000.

INAD Brasil. **Dia internacional da Conscientização sobre o ruído**. Disponível em: <<http://www.inadbrasil.org/downloads/>>. Acesso em: 27/09/2017

KLABIN. **Etapas de produção**. Disponível em: <https://www.klabin.com.br/pt/negocios-produtos/celulose/etapas-de-producao-da-unidade-puma/> Acesso: 12/10/2017

LEITE, Nilson Riberto *et al.* **Tipos e Aplicações de Caldeiras**. 2008. Disponível em: <[https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras\\_prominp.pdf](https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf)>. Acesso: 12/10/2017.

LOPES, Carlos Renato Antunes. **Análise da Indústria de papel e celulose no Brasil**. 1998. 130 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1998

MAIA, Paulo Alves. **Estimativa de exposições não contínuas a ruídos**. 2002. Disponível em: <<file:///C:/Users/dgimenes/Downloads/estimativaruídos.pdf>> Acesso em: 27/09/2017

MORAES, Giovanni. **Novo PPP e LTCAT: perfil profissiográfico previdenciário comentado e ilustrado**. 2014. 546 f. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Gerenciamento Verde. 2014.

MEDEIROS, Bruna de Oliveira. **Acidentes de Trabalho e Doenças Ocupacionais**. 2009. Disponível em: <[https://pt.slideshare.net/giovani\\_goncalves/acidentes-do-trabalho-e-doenas-ocupacionais-69841532](https://pt.slideshare.net/giovani_goncalves/acidentes-do-trabalho-e-doenas-ocupacionais-69841532)>. Acesso: 03/03/2018.

MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Perda Auditiva induzida por Ruído (PAIR)**. Brasília: 2006. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo\\_perda\\_auditiva.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_perda_auditiva.pdf)> Acesso em: 07/09/2017.

NETO, Nestor. **Equipamentos de medição de segurança do trabalho**. Disponível em: <http://segurancadotrabalhonwn.com/equipamentos-de-medicao-de-seguranca-do-trabalho/>. Acesso: 12/10/2017.

OLIVEIRA, Nicole Santos. **Avaliação dos Níveis de Ruído Ocupacional e Ambiental Causados por uma Indústria de Papel e Celulose**. 2007. 74 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

PONZETTO, Gilberto. **Mapa de riscos ambientais – NR-5**. 2ª Edição. São Paulo: LTR, 2007.

PRO ACÚSTICA. **Associação Brasileira para a Qualidade Acústica**. Disponível em: <<http://www.proacustica.org.br/publicacoes/artigos-sobre-acustica-e-temas-relacionados/oms-considera-poluicao-sonora-problema-de-saude-publica.html>>. Acesso: 02/02/2018.



RAMOS, Bruno Eugênio. **Avaliação do Ruído Ambiental e Ocupacional em uma fábrica de Papel Kraft Extensível**. 2013. 96 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

RODRIGUES, Maíra Neve. **Metodologia para definição de estratégia de controle e avaliação do ruído ocupacional**. 2009. 117 f. Dissertação (Especialização em engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

SAVI, Alexandre Robson. **Estudo de caso: Avaliação de níveis de ruídos resultante dos trabalhos de beneficiamento final de mármore**. 2012. 34 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

SALIBA, Tuffi Messias. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. 1ª Edição. São Paulo: Editora LTR, 2004.

VIEIRA, Sebastião Ivone. **Manual de Saúde e Segurança do Trabalho**. 2ª edição. São Paulo: LTR, 2008

3M DO BRASIL. Site Institucional da Empresa 3M do Brasil. **Atenuadores de ruído**. 2017. Disponível em: <[http://www.post-it.com.br/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1259079255000&locale=pt\\_BR&assetType=MMM\\_Image&assetId=1258557790524&blobAttribute=ImageFile](http://www.post-it.com.br/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1259079255000&locale=pt_BR&assetType=MMM_Image&assetId=1258557790524&blobAttribute=ImageFile)>. Acesso em: 20/10/2017.