

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS ATENUANTES PARA O RUÍDO
INDUSTRIAL EMITIDO POR EQUIPAMENTO DE BENEFICIAMENTO
DE SEMENTES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Henrique Eguilhor Rodrigues

Alegrete 2018

**Avaliação de materiais atenuantes para o ruído industrial emitido
por equipamento de beneficiamento de sementes**

Henrique Eguilhor Rodrigues

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola,
do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
(IFFarroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (Unipampa, RS), como
requisito parcial para a obtenção do grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Alex Leal de Oliveira

Alegrete, RS, Brasil
2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

R32a Rodrigues, Henrique Eguilhor
Avaliação de materiais atenuantes para o ruído industrial
emitido por equipamento de beneficiamento de sementes /
Henrique Eguilhor Rodrigues.
57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2018.
"Orientação: Alex Leal de Oliveira".

1. Ruído. 2. Beneficiamento de sementes. 3. Separador de
espiral. I. Título.

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso Engenharia Agrícola**

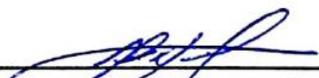
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso II

**Avaliação de materiais atenuantes para o ruído industrial emitido
por equipamento de beneficiamento de sementes**

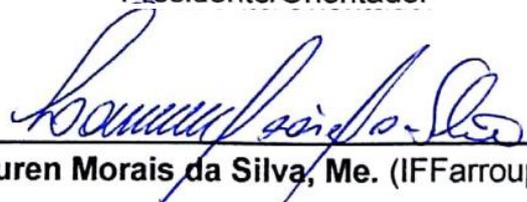
Elaborado por
Henrique Eguilhor Rodrigues

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

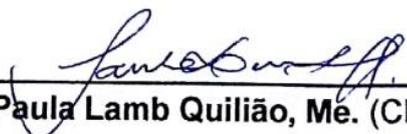
COMISSÃO EXAMINADORA



Alex Leal de Oliveira, Dr. (IFFarroupilha)
Presidente/Orientador



Lauren Morais da Silva, Me. (IFFarroupilha)



Paula Lamb Quilião, Me. (CEREST/OESTE)

Alegrete. 11 de Dezembro de 2018.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas.

Aos meus pais Carlos e Sônia e irmãos Ricardo e Fernanda pelo apoio e suporte que me fizeram seguir nesta caminhada com perseverança.

À minha namorada Lanes Jaques que muito me incentivou e me auxiliou.

À todos os professores do curso de Engenharia Agrícola, que compartilharam uma parcela de seus conhecimentos, em especial ao professor Alex Leal de Oliveira a quem me proporcionou a oportunidade de trabalhar e abranger meus conhecimentos ao que tange a Saúde e Segurança do Trabalho, e ao professor Carlos Aurélio Dilli Gonçalves pelas sábias palavras, amizade, apoio, incentivo. Vocês são exemplos de professores, um referencial a ser seguido!

Aos colegas e amigos que estiveram sempre juntos nos momentos difíceis e nas alegrias que me proporcionaram nesta árdua caminhada.

Ao apoio institucional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha e Universidade Federal do Pampa.

O meu muito obrigado!

“Muitos homens devem a grandeza da sua vida aos obstáculos que tiveram que vencer”.

Charles H. Spurgeon

RESUMO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso Engenharia Agrícola

AVALIAÇÃO DE MATERIAIS ATENUANTES PARA O RUÍDO INDUSTRIAL EMITIDO POR EQUIPAMENTO DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

AUTOR: HENRIQUE EGUILHOR RODRIGUES

ORIENTADOR: ALEX LEAL DE OLIVEIRA

Data e local de defesa: Alegrete, 11 de dezembro de 2018.

Em unidades de beneficiamento de sementes é dada a atenção primordial a atributos da qualidade das sementes, no entanto é esquecido o fator fundamental envolvido neste processo: a saúde e segurança do trabalhador que está incluído em todas as etapas de beneficiamento de sementes. Trabalhadores inseridos neste setor estão expostos a diversos tipos de riscos, dentre eles o ruído, sendo o equipamento predominante como fonte geradora de ruído nestas unidades o separador de espiral que é um equipamento utilizado para realizar a separação das sementes de soja. O contato dessas sementes com o equipamento é que gera o elevado nível de ruído. O presente trabalho visou analisar a potencialidade de uso de materiais de simples implementação que possam atenuar o Nível de Pressão Sonora emitido por esse equipamento. As observações foram realizadas a campo livre e avaliou-se seis tipos de materiais atenuantes. Observou-se que o equipamento emitiu níveis de pressão sonora superiores a 99 dB(A), níveis bem acima determinados pela norma regulamentadora para uma jornada de 8 horas de exposição. Considerando os 85 dB(A) previsto em norma, a zona de segurança do equipamento é a partir dos 9 metros. Os materiais atenuantes utilizados foram chapa metálica de 0.50 mm, chapa compensado de madeira de 6.0 mm que reduziram a zona de risco para 6 metros e os materiais plástico bolha em cinco camadas, caixa para ovos, tubo PVC, espuma acústica em uma e três camadas reduziram a zona de risco para 5 metros.

Palavras-chave: Pressão sonora, Separador de espiral. Higiene ocupacional.

ABSTRACT

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Course of Agricultural Engineering

EVALUATION OF ATENUATIVE MATERIALS FOR INDUSTRIAL NOISE ISSUED BY SEED BENEFITING EQUIPMENT

AUTHOR: HENRIQUE EGUILHOR RODRIGUES

ADVISOR: ALEX LEAL DE OLIVEIRA

Date and place of defense: Alegrete, 11 december of 2018

In seed treatment units, the attributes of seed quality, among them the genetic, physical, physiological and health attributes, are given primary attention. However, the fundamental factor involved in this process is the health and safety of the worker who is included in all stages of seed processing. Workers in this sector are exposed to several types of risks, among them the noise. The predominant equipment as a source of noise in these units is the spiral separator, used to make the separation of the soybean seeds, the contact of these seeds to the turns of this equipment is what generates the high level of noise. The present work aimed to analyze and look for ways of simple implementation that can attenuate the Sound Pressure Level emitted by this equipment. The observations were made on the free field and six types of attenuating materials were evaluated. It was observed that the equipment emitted sound pressure levels above 99 dB(A), levels well above determined by the regulatory standard for an 8-hour exposure, considering the 85 dB(A) provided in standard, the safety zone of the equipment is 9 meters. The attenuating materials used were 0.50 mm metal sheet, plywood board which reduced the risk zone to 6 meters and the materials bubble plastic in five layers, egg carton, PVC pipe, acoustic foam in one and three layers reduced the risk zone to 5 meters .

Keywords: Noise. Spiral Separated. Occupational hygiene.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Nível de ruído emitido por equipamentos da fábrica de ração	22
Figura 2– Separador de espiral	25
Figura 3 – Estrutura metálica para suporte de materiais atenuantes	26
Figura 4 – Mensuração em ângulos de 30° do centro do equipamento	27
Figura 5 – Esquematização da mensuração em intervalos	28
Figura 6 – Ordenação do experimento	29
Figura 7 – Propagação da intensidade da onda Testemunha	32
Figura 8 – Propagação da intensidade da onda: Chapa Compensado Madeira	33
Figura 9 – Propagação da intensidade da onda: Chapa Metálica	35
Figura 10 – Propagação da intensidade da onda: Plástico Bolha.....	37
Figura 11 – Propagação da intensidade da onda: Espuma Acústica (Uma Camada)	39
Figura 12 – Propagação da intensidade da onda: Espuma Acústica (Três Camadas)	41
Figura 13 – Propagação da intensidade da onda: Caixa para Ovos.....	43
Figura 14 – Propagação da intensidade da onda: Tubo PVC.....	45

TABELAS

Tabela 1 – Nível de ruído emitido pelos equipamentos da fábrica de ração	21
Tabela 2 – Nível de ruído emitido por trator agrícola.....	23
Tabela 3– Nível de pressão sonora: testemunha	31
Tabela 4 – Nível de pressão sonora: chapa compensado de madeira	33
Tabela 5 – Nível de pressão sonora: chapa metálica.....	34
Tabela 6 – Nível de pressão sonora: plástico bolha	36
Tabela 7 – Nível de pressão sonora: espuma acústica (uma camada)	38
Tabela 8 – Nível de pressão sonora: espuma acústica (três camadas).....	40
Tabela 9 – Nível de pressão sonora: caixa para ovos	42
Tabela 10 – Nível de pressão sonora: tubo PVC.....	44

APÊNDICES

Apêndice I – Separador de espiral	53
Apêndice II – Conjunto de equipamentos.....	54
Apêndice III – Comportamento dos níveis de pressão sonora com a utilização dos materiais atenuadores	55
Apêndice IV – Nível de pressão sonora atenuado por cada material	56
Apêndice V – Nível de pressão sonora atenuado por cada material	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Revisão de literatura	14
1.1.1	Ruído e proteção.....	15
1.1.2	Mensuração da Pressão Sonora	16
1.1.3	Mecanismo da Audição Humana	16
1.1.4	Ruído, Conforto e Saúde do Trabalhador	18
1.1.5	O Controle de Ruído	20
1.1.6	O Ruído nas atividades agropecuárias	20
1.1.7	O Ruído oriundo do beneficiamento de sementes de soja	23
1.2	Objetivos.....	24
1.2.1	Objetivo Geral	24
1.2.2	Objetivos Específicos.....	24
2	MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1	Equipamentos	25
2.2	Estrutura Metálica de Suporte para Materiais Atenuantes	25
2.3	Método de avaliação do Nível de Pressão Sonora (NPS).....	26
2.4	Etapas Experimentais.....	28
2.5	materiais atenuantes utilizados	30
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1	Testemunha.....	31
3.2	Chapa Compensado de Madeira.....	32
3.3	Chapa Metálica 0,5 mm	34
3.4	Plástico Bolha	35
3.5	Espuma Acústica	37
3.5.1	Uma Camada de Espuma Acústica.....	38
3.5.2	Três Camadas de Espuma Acústica	39
3.6	Caixa para Ovos.....	42
3.7	Tubos Seccionados de PVC.....	43
4	CONCLUSÕES.....	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6	REFERÊNCIAS	49

1 – INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com extensa área cultivada e produtora de safras recordes, que dependem de estruturas de operação de beneficiamento e armazenamento dos produtos agrícolas.

Ao que tange a produção de sementes de soja, o Brasil é um dos países que mais produzem essa *fabácea*, fato que, conseqüentemente gera uma alta demanda de sementes para implantação de lavouras comerciais. Para a produção dessas sementes é necessário o atendimento dos requisitos de qualidade obtidos a campo, e a sua manutenção nas etapas de pós-colheita, especialmente no seu beneficiamento agroindustrial. Portanto, a existência de estruturas e maquinaria das Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS) é indispensável para a realização das operações que separam das sementes todo tipo de impurezas, tais como restos de vagem, grãos de outras culturas e até mesmo sementes partidas ou atacadas por insetos.

A realização da seleção dessas sementes faz-se com o uso de diversos equipamentos e máquinas, dispostos em sequência pré-estabelecida, que tem como objetivo a obtenção da maior pureza física possível, mantendo-se os demais atributos da qualidade de sementes.

Embora exista uma demanda pelo desenvolvimento de tecnologias que aperfeiçoem os processos agroindustriais de beneficiamento de sementes de soja, um importante fator que, por muitas vezes é desconsiderado, trata da interação do homem com o maquinário. Essa interação tem relação com a saúde e segurança no trabalho, uma vez que os trabalhadores que ficam expostos a esses ambientes estão sujeitos a diversos riscos ocupacionais de origem química, física, biológica, ergonômica e mecânica nas unidades de beneficiamento.

Oliveira (2013) identificou o agente físico ruído como o mais presente neste ambiente laboral, sendo a principal fonte emissora, o equipamento separador de espiral.

O presente trabalho teve como intuito avaliar o nível de ruído emitido por este equipamento em ambiente aberto (campo livre) e propor alternativas de isolamento acústica com materiais simples, de fácil aquisição e baixo custo.

1.1 - Revisão de literatura

Com o expressivo crescimento da produtividade das espécies graníferas no Brasil, observa-se uma elevação da demanda de atividades do setor de beneficiamento de grãos, pois se trata de uma das últimas fases da produção, que possui uma linha de processos como: recepção, limpeza, secagem e armazenamento, sendo que neste período são avaliadas as qualidades: sanitária, física e fisiológica, entendendo-se que a manutenção desses atributos é um pré-requisito para a comercialização.

Ao considerarmos os riscos ocupacionais existentes nas unidades de beneficiamento e armazenamento, o risco do ruído ocupacional oriundo de máquinas e equipamentos é destacado por diversos autores (OLIVEIRA, 2010; VAN DER LANN, 2012; OLIVEIRA, 2013; GADOTTI et al, 2015).

Ao relacionarmos os processos produtivos com as questões primordiais ligadas a segurança do trabalho, assegura-se a qualidade e a vida do trabalhador. Pessoas ligadas a esse setor estão expostas a diversos riscos ocupacionais, sendo um deles o ruído emitido por diversas fontes, seja por má regulagem, folgas em rolamentos e mancais ou atritos entre peças, dentre outros. Fisicamente, o ruído é todo fenômeno vibratório que se propaga no ar, em uma variação de pressão em forma de ondas mecânicas, que causam transtornos a uma fração considerável dos trabalhadores expostos a esse agente ambiental (BREVIGLIERO, 2010).

A preocupação com o agente físico ruído é descrita em diversas Normas Regulamentadoras (NR), mas o seu enquadramento inicial é orientado conforme a NR 9, que trata do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais e destaca o Risco Físico como aquele que, considerado risco ambiental, envolve o fenômeno físico, forma de energia como ruídos e vibrações, em função da intensidade ou tempo de exposição que podem causar danos temporários ou permanentes a saúde do trabalhador.

O barulho como é conhecido na área de higiene do trabalho é todo som, ruído e vibração indesejável que gera ou não desconforto ao ouvido humano, visto que as faixas de frequências são infrassom, frequência abaixo do limiar da audibilidade, faixa audível e ultrassom, limiar da dor, quando o indivíduo passa a sentir dor no ouvido (SALIBA, 2008).

O intenso ruído prejudica o trabalhador em tarefas que exigem atenção, velocidade, precisão de movimentos e concentração mental, acarretando consequências como estresse, angústia, dores no corpo e inclusive prejuízos no desempenho de suas funções, que muitas vezes são ignoradas por seus patrões, os efeitos passam a agravar-se após algumas horas expostos a esse efeito (WICTOR, 2012).

1.1.1 Ruído e proteção

Ocorrem dois tipos de levantamento de ruído, o ambiental que é realizado ponto a ponto e unindo pontos dessa área com mesmo nível de ruído e o levantamento de ruído pessoal realizado por audiodosímetros (BREVIGLIERO, 2010).

É importante ter uma planta ou croqui da área com a posição dos equipamentos, juntamente com o grau de intensidade sonora, classificando o tipo de agente. O ruído e a vibração correspondem ao Grupo II, sinalizado na cor verde da tabela dos riscos ambientais, a propagação da intensidade sonora é representada graficamente em forma de círculos e o grau de risco conforme o seu tamanho na cor verde (SANTOS, 2013).

Estudos dos níveis de ruído em atividade voltadas as ciências agrárias, colabora para averiguar a necessidade de se tomar medidas de conforto e segurança ao colaborador, como uso de equipamentos de proteção individual, a exemplo, os protetores auriculares para atenuar os ruídos (ARCOVERDE, 2011).

Existem três formas de medidas de controle de ruído, a saber: o controle na fonte emissora do ruído, não sendo suficiente ou satisfatório são necessárias medidas de controle no meio, recursos que evitam a propagação da fonte emissora por meio de isolamentos acústicos, e como última forma de recurso o controle no homem, medidas de controle no trabalhador como EPIs (equipamento de proteção individual) ou redução do tempo em que o operário está exposto a fonte emissora (BREVIGLIERO, 2010). Dentre tanto a NR 06 também cita que a empresa deve fornecer gratuitamente o EPI aos empregados enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas e para atender situações de emergência.

O uso de EPI é necessário para assegurar a ação da proteção, e não a garantia de extinção do perigo, também é indispensável a existência do Certificado

de Aprovação (CA) para todos os equipamentos de proteção, tanto nacionais como importados, de forma que assegure a preservação contra os riscos de acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais, bem como a imprescindibilidade do empregador em fornecer e exigir o uso dos EPIs pelos empregados (SILVA, 2015).

1.1.2 Mensuração da Pressão Sonora

Para efeito de monitoramento do ruído nas ações de saúde e segurança do trabalhador, a higiene ocupacional é apoiada por instrumentação própria. O equipamento utilizado é o Medidor de Nível de Pressão Sonora, conhecido como decibelímetro.

O nível de referência utilizado por fabricantes de medidores de nível de pressão sonora, é de acordo com o resultado da pesquisa realizada com jovens sem problemas auditivos que determinou a limiar de audibilidade sendo como 2×10^{-5} N/m, que, por convenção adotaram essa medida correspondendo a zero decibel, e o limiar da dor sendo como 200 N/m equivalendo a 140 decibéis (SALIBA, 2008).

Devido a transcendente variação de percepção do ouvido humano quanto ao som, existe uma grande dificuldade em indicar em forma de números essa assimilação, de maneira que, o ouvido humano detém uma resposta do tipo logarítmica e não linear, desta forma é utilizado uma escala logarítmica para representar as faixas da audição do ser humano (ALMEIDA, 2008).

1.1.3 Mecanismo da Audição Humana

O ouvido humano é um órgão extremamente sensível, que possui uma alta eficiência em discernir sons de diversas frequências, o sistema auditivo nada mais é que um sistema de conversão de energias. O ouvido, pequeno duto captura os sons e transforma em energia mecânica, através da ação e movimento combinado dos ossículos do ouvido médio, transforma essa energia em energia hidráulica, que por sua vez envia a assimilação codificada em impulsos elétricos ao cérebro (MATTOS, 2011).

O sistema auditivo humano possui sensibilidade para frequências diferentes, haja vista, numa mesma escala em decibéis porem com frequências diferentes o ouvido humano consegue perceber a diferença, o sistema de audição do ser humano é baixo para as frequências baixas ou altas, e extremamente delicado para

frequências medias, a unidade utilizada para medir a frequência de uma onda sonora é hertz (HZ). Os circuitos de compensação foram desenvolvidos para alterar os níveis de pressão sonora (NPS), uma forma de compensar cada faixa de frequência, alcançando um NPS compensado, todo esse processo de compensação é feito internamente por aparelhos, para isso foram criadas curvas de decibéis compensadas, para representar a resposta do sistema auditivo humano. Essas curvas ponderadas denominadas A, B, C e D foram normatizadas internacionalmente e inseridas na sistemática dos produtos eletrônicos medidores de níveis de pressão sonora (FUDOLI, 2012).

A curva de ponderação A, após análises, foi apontada como a de maior aproximação da resposta do ouvido humano, em escala que permite estabelecer equiparação entre os níveis de intensidade sonora e os efeitos causados no trabalhador, utilizada para cálculos de doses absorvidas de atenuação dos protetores auriculares e levantamentos ocupacionais, perigos e riscos à saúde e segurança do trabalhador (BREVIGLIERO, 2010).

A curva de compensação A é adotada para determinar os níveis de ruído contínuo e intermitente, pois tem uma maior correspondência à resposta do ouvido humano. A escala B no momento não está sendo empregada, a escala C é utilizada para ruídos de impacto e a escala D é aplicada para ruídos em aeroportos, avaliação de ruídos emitidos por aeronaves (SALIBA, 2008).

Conforme a *NR 15 - Anexo I*, os níveis de ruído contínuos ou intermitentes, representado pela curva de compensação A, com o intuito de cumprimento de Limites de Tolerância, é aquele não classificado como impacto, e os trabalhadores que não estão protegidos não podem ficar expostos a níveis de ruído acima de 115 dB.

Os Limites de Tolerância para ruídos de impacto - Anexo II, representado pela curva de compensação C, é aquele ruído que apresenta picos de energia acústica com duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo, o limite de tolerância para o trabalhador exposto ao ruído de impacto é de 130 dB, e para o ruído nos intervalos entre os picos, a avaliação é realizada como ruído contínuo.

O parâmetro de ruído contínuo ou intermitente utilizado pela *NR 15* no que se refere aos Limites de Tolerância são valores a partir de 85 dB para uma jornada de oito horas de trabalho, com uma relação de acréscimo de dose de 5 dB, haja vista, o

tempo em que o trabalhador fica exposto ao ruído diminui pela metade para cada 5 dB acrescido. Enquanto a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH* utiliza como embasamento para os Limites de Tolerância a partir de 80 dB, os mesmos 85 dB para um período de exposição de oito horas, com uma relação de acréscimo de dose de 3 dB, para cada acréscimo de 3 dB o tempo de exposição cai pela metade, um critério mais conservador que os estabelecidos pela NR 15 (BREVIGLIERO, 2010).

A NR 15 possuía um quadro com limites de tolerância a partir de 80 dB, um período de exposição de dezesseis horas, limites de exposição diário utilizado para avaliações da exposição ocupacional ao ruído, sob o ponto de vista técnico, no entanto os limites avaliados conflitavam com a legislação trabalhista do Ministério do Trabalho, que estabelece que a jornada de trabalho não pode ultrapassar oito horas diárias, desta forma foram removidos índices com tempo de exposição superiores a oito horas (SOTO, 2010).

As atividades realizadas pelo homem moderno em sua grande maioria são em ambientes fechados, e geralmente nas indústrias o fator preponderante é o barulho, todo ruído indesejado que gera desconforto ao ouvido humano, o método mais adequado é a correção acústica do ambiente, minimizando essa perturbação causada no trabalhador, produzindo um ambiente com sonoridade adequada para os trabalhos ali serem realizadas (SANTOS, 2005).

1.1.4 Ruído, Conforto e Saúde do Trabalhador

Em se tratando do ambiente de trabalho, a norma regulamentadora Nº 17 – Ergonomia, é bem explícita ao que tange às condições de posto de trabalho e avaliações das condições de serviço, de forma que há aspectos ergonômicos a serem observados quanto aos níveis de ruído, e a medição dos níveis determinados é próximo à zona auditiva do trabalhador.

No ponto de vista ergonômico, o objetivo é adaptar o tipo de trabalho ao operário, em condições de serviços que sejam apropriadas à capacidade do trabalhador e obedecendo as limitações do ser humano, de maneira que não se deve adaptar-se a uma atividade que não aceite as limitações humanas, tampouco favorecendo a eficiência do empregado (ABRAHÃO, 2009).

O trabalhador sujeito a níveis de ruído e/ou exposto por muito tempo a esse agente físico, e por ser um efeito acumulativo, conforme determina a *Norma Regulamentadora Nº 15 – Atividades e Operações Insalubres*, além da perda auditiva, o ruído pode gerar outros danos no psicológico do trabalhador como estresse, depressão, ansiedade dentre outros e conseqüentemente danos ao sistema cardiovascular como hipertensão arterial e taquicardia (MACEDO, 2008).

Em eventuais exposições ao ruído, como mecanismo de defesa do organismo, ocorrerá uma resposta ao som, este mecanismo de defesa apresentara reações que afetam a aceleração da frequência cardíaca, contração dos vasos sanguíneos, aumento da pressão sanguínea e do metabolismo, danos que trazem distúrbios no sono e gastrointestinais, velocidade de digestão, tensão e fadiga muscular, ou seja, danos subseqüentes que podem ser gerados apenas pelo agente físico ruído, afetando de forma negativa o desempenho das funções do trabalhador como falta de atenção, falta de concentração e conseqüentemente baixa produtividade, além de todas as perturbações, também podem ocorrer o consumo de soníferos e tranquilizantes em decorrência de todas essas reações, em contrapartida a exposição não eventuais e/ou estar em conformidade com as normas, isto é, nos limites que não provocam perturbações a saúde do trabalhador, não acarretará essas tais reações (WICTOR, 2012).

O ruído agrava não somente o sistema fisiológico como também favorece um ambiente propicio a acidentes de trabalho, de forma que a exposição ao barulho gera uma redução na habilidade e distração dos profissionais, em decorrência da diminuição da eficiência e rendimento. Outro fator fundamental a ser considerado ao que tange um ambiente favorável a acidentes de trabalho é quando o ruído confunde a audição, comunicação e instruções entre os trabalhadores, sobrepondo-se a sons de proximidades de perigos ou alerta de sinais sonoros de equipamentos (OLIVEIRA e ARENAS, 2012).

A perda auditiva instigada pelo ruído pode gerar uma sensação auditiva das quais a origem emissora não provem de estímulos externos ao organismo, isto é, aparecimento de um ou mais sons na orelha ou psicológico do indivíduo sem o incitamento de sons fornecidos pela parte externa, denominado zumbido, tinnitus ou ainda acúfeno, o zumbido é consequência da perda auditiva (PIO, 2014). O zumbido é um transtorno que gera um extremo incômodo e necessita de um complicado tratamento, é um dos primeiros sinais de problemas auditivos, e

conforme a intensidade do transtorno pode levar o indivíduo a uma exclusão social e até mesmo ao suicídio, acredita-se que 28 milhões de brasileiros sofrem com o transtorno do zumbido, e conseqüentemente tornando-se um problema de saúde pública (ROSA, 2011).

1.1.5 O Controle de Ruído

Conforme citado anteriormente, existem três formas de controles de ruído: o controle na fonte, no meio de propagação e no trabalhador. O controle na fonte emissora caracteriza-se na redução do ruído através de procedimentos ligados ao sistema de atividades das máquinas e equipamentos, realizando-se uma análise prévia e identificação da origem do ruído, e utilização de métodos e procedimentos possíveis para a redução da emissão de ruídos, como manutenção, lubrificação, substituição de equipamentos extremamente ruidosos por equipamentos mais silenciosos, modificações no processo de produção e até mesmo redução no ritmo de desempenho das máquinas (ARCOVERDE, 2011).

Os controles no percurso de propagação do ruído são medidas adotadas que interferem no trajeto do som entre fonte emissora e homem, seja pelo ar ou estruturas que compõem o ambiente, tendo como objetivo a eficiência na eliminação de energias por absorção, isto é, uma maior atenuação do ruído, esta atenuação pode ser feita por barreiras composta por materiais absorventes de som, isolando o trabalhador e/ou confinamento da máquina fornecedora de ruído. Após todos as análises e procedimentos adotados no controle de ruído, na fonte emissora e no percurso de propagação, não possuindo níveis aceitáveis, é necessário como forma de complemento, o controle de ruído sobre o trabalhador, dentre as intervenções mais usuais são a redução do tempo em que o operador fica exposto ao ruído e a utilização de protetores auriculares (RODRIGUES, 2009).

1.1.6 O ruído nas atividades agropecuárias

Não há muitos estudos direcionados aos níveis de ruído em unidades de beneficiamento de grãos ou sementes, ainda há uma grande carência de estudos ao que tange o ambiente laboral nessas unidades, direcionadas ao risco físico, especificamente o ruído. Existem diversas análises de ambientes laborais voltados à

área da agropecuária, com enfoque nos níveis de pressão sonora emitidos por máquinas e equipamentos. Longui, et al. (2009) avaliaram os níveis de ruído emitido por diferentes equipamentos utilizados em uma fábrica de ração, sendo que os equipamentos avaliados foram: o silo com moinho, misturador de grãos, ensacador, silo e misturador, transportador e toda fábrica em funcionamento, a metodologia adotada foi a análise dos níveis de pressão sonora em um raio de afastamento a partir da origem da emissão até dez metros de distância. Os dados estão apresentados na Tabela 1, expostos de acordo com o equipamento e sua respectiva distância de mensuração.

Equipamentos	Raio de Afastamento (m)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Ruído (dBA)											
Silo com Moinho	100,9	96,4	92,3	91,3	90,2	89,2	88,2	87,9	87,7	85,5	84,3	90,7
Misturador de Grãos	76,8	76,5	76,4	76,2	75,7	75,2	73,5	65	64,6	63,4	61,5	71,3
Ensacador	89,2	88,3	87	86,9	86,2	85,9	85,6	84,6	87,7	84,4	82,3	86,2
Silo + Misturador	85,6	85,3	85,7	84,2	84	82,5	83,2	84,3	82,2	82	81,9	83,7
Transportador	94,6	97	94,4	96,1	97	96,6	97,8	96,3	97,6	97,8	97,9	96,6
Fabr. Funcionado	92,3	90,4	90	90,3	91	90,2	89,8	89,5	89,8	89,7	89,3	90,2

Tabela 1 – Níveis de ruído emitidos pelos equipamentos.

Fonte: Longui, et al. (2009).

Também é apresentado em gráficos (Figura 1) o nível de pressão sonora emitido por cada equipamento em função do raio de afastamento.

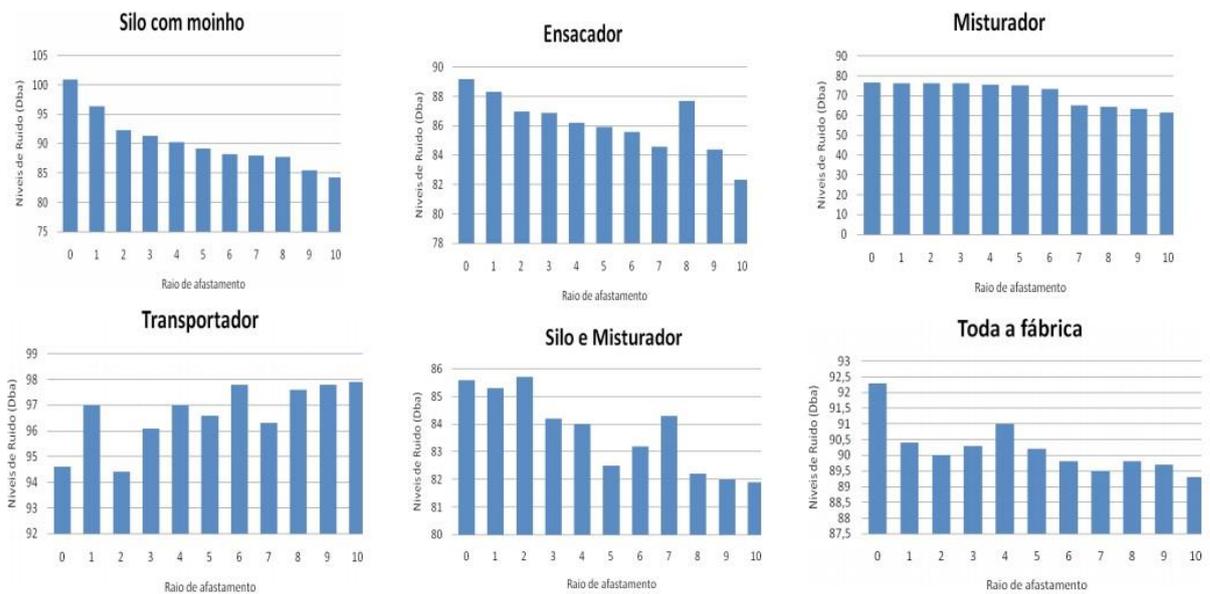


Figura 1 – Níveis de ruído emitidos pelos equipamentos.

Fonte: Longui, et al. (2009).

Uma das principais máquinas utilizada no meio rural, indiferente de grande ou pequeno produtor é o trator, Alves, et al. (2011) avaliou os níveis de ruído de um trator agrícola, da marca Valtra, modelo 785 (TDA) de 75 cv (55,2 kW), fabricado em 2004. A metodologia adotada para a avaliação dos níveis de pressão sonora foi em função do raio de afastamento, tomadas leituras de cada posição, isto é, de metro em metro, a uma distancia de total de 10 metros, em quatro direções denominadas frente, traseira, direita e esquerda. O motor do trator permaneceu em 2040 rpm, estado em que fornece 540 rpm na tomada de potência. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 2, exposto de acordo com a direção em função do raio de afastamento.

Distância (m)	Frente	Traseira	Direita	Esquerda
1	93,80	87,40	92,90	94,50
2	88,80	83,80	89,40	89,70
3	86,30	81,60	86,40	85,90
4	85,00	79,90	84,50	83,40
5	83,50	78,10	83,80	81,60
6	81,50	78,90	81,40	80,30
7	80,40	77,00	80,30	79,80
8	79,20	76,40	79,00	78,10
9	78,40	75,50	77,50	77,50
10	77,20	73,80	76,70	76,70

Tabela 2 – Médias do nível de pressão sonora em função da posição e do raio de afastamento, em relação ao trator.

Fonte: Alves, et al. (2011).

1.1.7 O Ruído oriundo do beneficiamento de sementes de soja

O ruído das atividades de beneficiamento de sementes tem origem do seu processo, uma vez que o contato das sementes com as estruturas de máquinas e equipamentos resulta em emissão de ruído.

Resultados destacados por Oliveira et al. (2013) identificaram o ruído das UBS e as condições de iluminação insuficiente como os principais riscos percebidos pelos trabalhadores de UBS de soja.

O barulho excessivo provoca a perturbação no ambiente interno das UBS e expõe os operadores ao risco físico produzido pelo agente: ruído. O separador de espiral é o equipamento mais ruidoso das UBS, sendo responsável pela emissão de até 98 dB(A), estando esse valor bem acima do padrão de 85 dB(A) orientados na Norma Regulamentadora, o que implica na imediata elaboração de programas que promovam a redução do ruído (OLIVEIRA; BAUDET, 2014).

Diante disso, foi elaborada a presente proposta de Trabalho de Conclusão de Curso, que considera o ruído emitido por equipamentos de beneficiamento de sementes e a adoção de estratégia de eliminação ou atenuação do agente físico ruído.

1.2 – Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Averiguar a eficiência de materiais de atenuação sobre o ruído emitido por separador de espiral aberto.

1.2.2 Objetivos Específicos

Analisar as potencialidades de utilização de materiais de atenuação de ruído em separador de espiral

Validar eficiência de estrutura de suporte de materiais atenuantes que foi desenvolvida no Instituto Federal Farroupilha

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Equipamento

O experimento teve como maquinário de referência o equipamento destinado ao beneficiamento de sementes de soja conhecido como separador de espiral. O referido equipamento foi desconectado da linha de beneficiamento e posto sob rolantes para uma melhor movimentação na análise (Figura 2). A avaliação foi conduzida a campo livre.

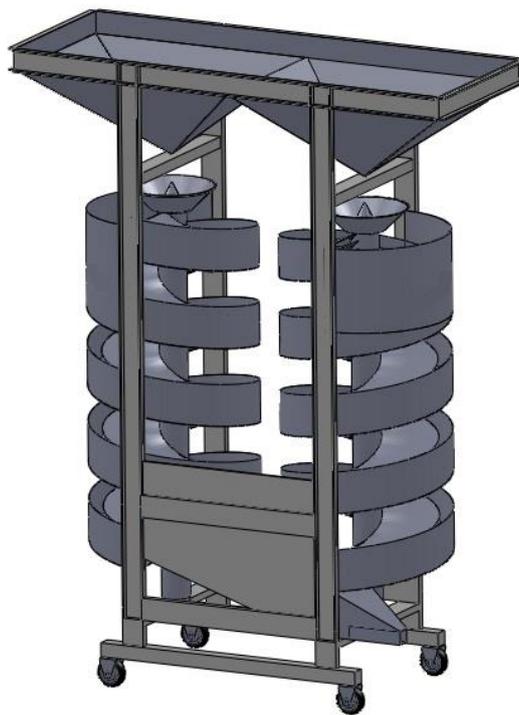


Figura 2 – Separador de espiral.

Fonte: Rodrigues, 2018.

2.2 - Estrutura Metálica de Suporte para Materiais Atenuantes

Para fixação dos materiais de atenuação de ruído foi projetado e construído um suporte em estrutura metálica (Figura 3-a), esta foi desenvolvida por grupo de pesquisadores do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete que se dedicou ao desenvolvimento de estrutura que tivesse como funcionalidade o contorno do e separador de espiral, com o intuito fixar as placas dos materiais atenuantes a serem

analisados e impedir o contato dos materiais com o equipamento. Na proposta destacada no presente trabalho, a estrutura de sustentação, construída pelo grupo de pesquisadores foi submetida a avaliação de funcionalidade, independentemente dos resultados de eficiência de atenuação.

A estrutura foi posta sob rolantes, da mesma forma que o equipamento, em razão de um melhor manuseio durante as operações de avaliações em campo. O suporte de matérias de atenuação de ruído possui também uma abertura (Figura 3-*b*) destinada a passagem do separador espiral.

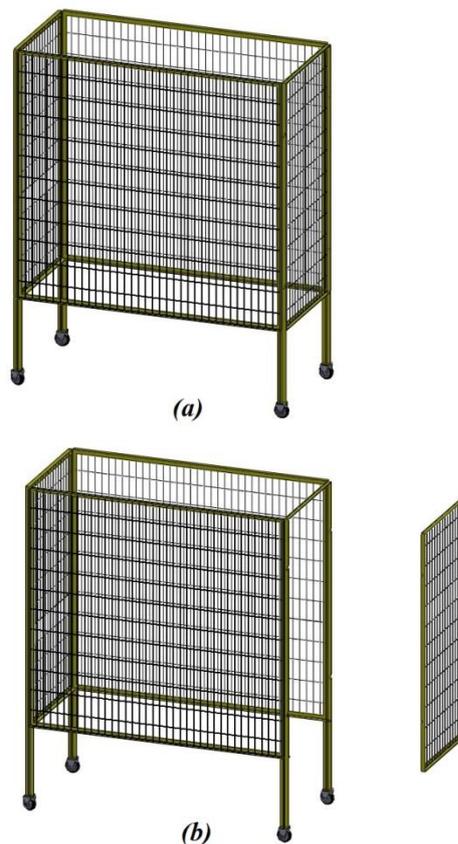


Figura 3 – Estrutura metálica em desenvolvimento para suporte de materiais atenuantes (a) sistema de abertura da estrutura metálica (a).

Fonte: Rodrigues, 2018.

2.3 - Método de avaliação do Nível de Pressão Sonora (NPS)

Como a onda sonora se propaga em várias direções, foi adotada como metodologia de trabalho, a verificação do Nível de Pressão Sonora em diversas direções (Figura 4), com a medição em ângulos de direções intervaladas a cada 30°,

tomadas leituras metro a metro, conforme metodologia descrita por Oliveira (2016) considerando a omnidirecionalidade da onda mecânica produzida por separador de espiral e a sua distância segura de 8m.

A análise baseou-se na mensuração dos níveis de pressão sonora em três repetições para ângulo. A partir dos dados foi realizado uma média aritmética.

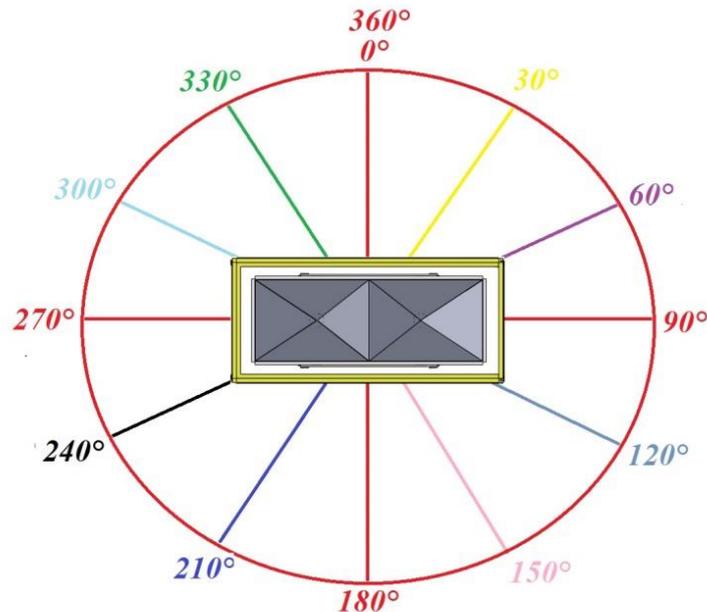


Figura 4 – Metodologia de Oliveira (2016) adotada para verificação dos níveis de ruídos em separador de espiral. Vista superior do equipamento.

Fonte: Rodrigues, 2018.

Para cada ângulo pré-determinado (a cada 30°), foi estabelecida uma distância para mensuração de 10 m, em intervalos iguais de um metro (Figura 5).

Os materiais atenuantes e a própria testemunha que concerne no equipamento sem algum tipo de barreira de propagação foram utilizados para avaliação e determinação de zonas de segurança.

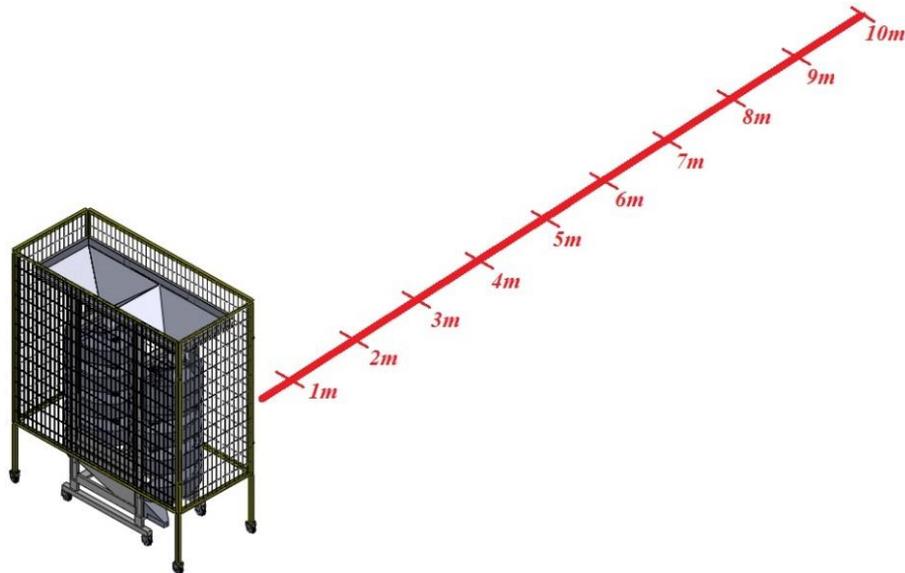


Figura 5 – Esquemática da mensuração dos níveis de ruído emitido pelo equipamento considerando as distâncias orientadas por Oliveira (2016).

Fonte: Rodrigues, 2018.

2.4 - Etapas Experimentais

A ordenação do experimento (Figura 6-a) atendeu os requisitos descritos por Oliveira (2016), apresentados de forma sintética, nas seguintes etapas:

- I - movimentação da estrutura metálica para o entorno do equipamento;
- II - realização da análise testemunha, como já citado anteriormente;
- III - mensuração dos níveis de ruído emitido pelo equipamento (a cada 1 m) na distância total de dez metros, em ângulos intervalados a cada 30° do centro do equipamento, sem nenhuma classe de material que impeça a propagação das ondas sonoras, conforme metodologia descrita por Oliveira (2016);
- IV – análise da eficiência dos materiais isoladamente;
- V – Tabulação de Dados;

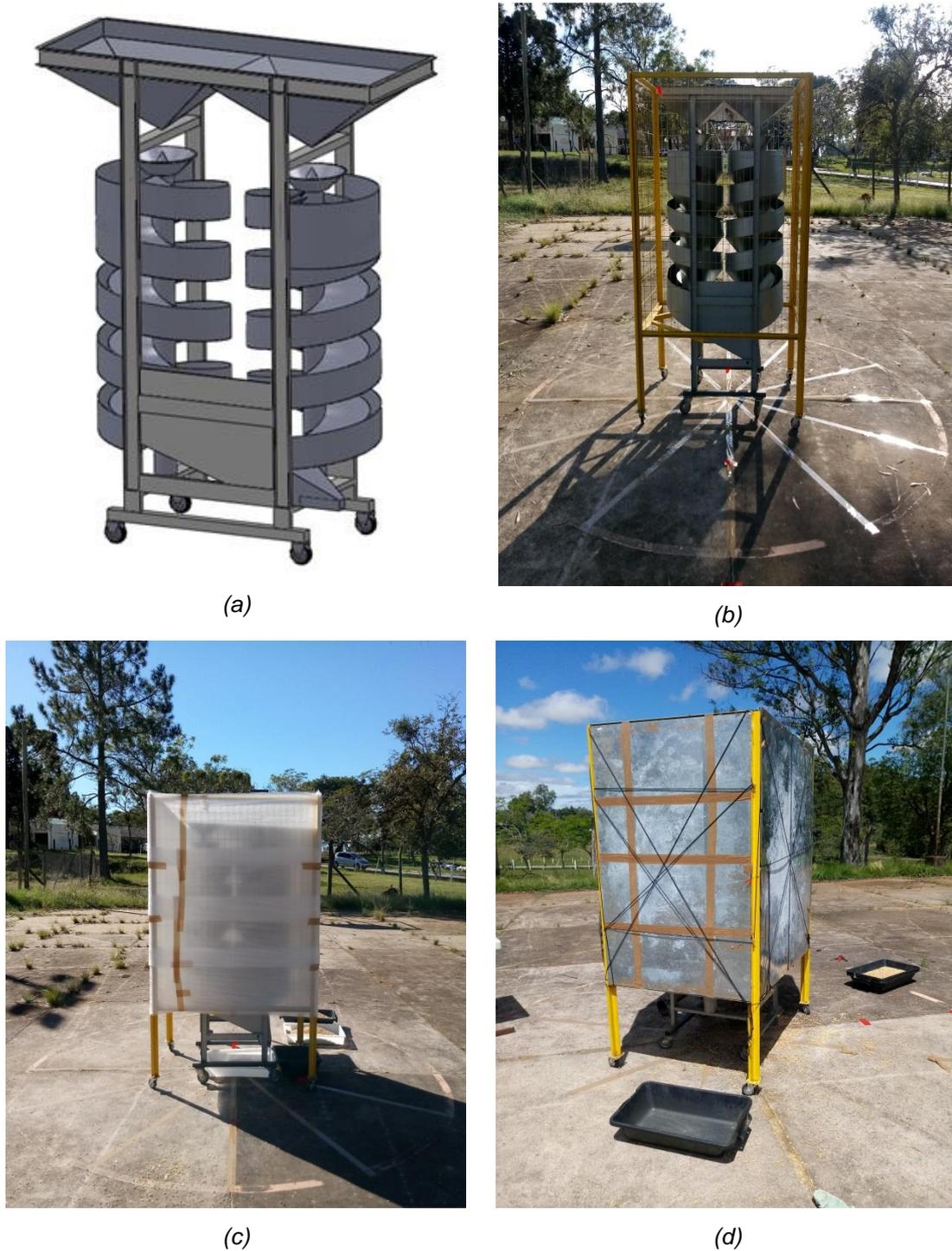


Figura 6 – Ordenamento da análise. Separador de espiral em sua confecção original (a). Testemunha, estrutura em torno do equipamento (b). Materiais usados como atenuantes que foram analisados (c) e (d).

Fonte: Rodrigues, 2018.

2.5 - Materiais atenuantes utilizados

Foram analisados seis tipos de materiais, a saber: chapa compensado de madeira de 6.0 mm, chapa metálica de 0.50 mm, plástico bolha, espuma acústica com uma e três camadas, caixa para ovos e tubo de PVC, além da testemunha.

A análise baseou-se na mensuração dos níveis de pressão sonora em três repetições para cada ângulo, de acordo com a metodologia adotada, sendo que, a partir disso foi realizada uma média aritmética das medições. As médias aritméticas de cada medição estão destacadas conforme as tabelas de nível de pressão sonora (dB) a seguir.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Testemunha

A análise da testemunha, que concerne no equipamento separador de espiral com a estrutura metálica no seu entorno, sem qualquer tipo de material atenuante (Figura 6-b), permitiu a observação da emissão dos níveis de pressão sonora destacados na Tabela 3.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	99,4	96,4	93,1	91,2	89,7	87,8	86,6	85,6	84,3	83,5
60	99,3	95,8	92,7	90,4	88,9	87,2	86,0	85,1	83,5	83,3
90	98,9	95,6	92,7	90,2	89,0	87,2	85,8	84,3	84,1	83,2
120	93,6	93,5	91,3	89,4	87,4	85,7	84,6	83,3	82,1	81,1
150	99,2	96,1	92,8	90,8	89,3	87,4	86,1	84,7	84,2	82,9
180	99,2	96,0	93,3	90,9	88,7	87,3	85,8	85,7	83,0	81,8
210	99,1	95,3	92,6	90,3	88,6	87,3	86,2	84,9	83,7	82,5
240	98,7	95,2	92,3	90,4	88,5	87,2	85,8	84,2	83,1	82,4
270	99,4	95,6	93,3	90,8	88,9	87,5	86,0	85,0	84,5	82,1
300	99,4	95,3	92,3	89,7	88,0	87,3	85,6	84,7	83,4	82,5
330	99,1	95,7	92,8	90,5	89,3	87,0	85,7	84,6	83,1	80,9
360	99,5	96,2	91,9	90,5	88,9	87,9	86,3	85,2	84,7	83,7
Média	99,0	95,5	92,6	90,4	88,8	87,2	85,9	84,8	83,6	82,5
Desv. P.	0,671	0,760	0,578	0,512	0,615	0,545	0,477	0,646	0,752	0,887

Tabela 3 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral sem nenhum tipo de material atenuante.

Em conformidade com a NR-15 *Atividades e Operações Insalubres*, que determina o nível de pressão sonora de 85 dB para um período de exposição de oito horas, observou-se que a distância segura do equipamento sem nenhum tipo de material que atenua a sua emissão de ruído é de 9 metros. O comportamento da emissão sonora, do espiral aberto em campo livre já havia sido relatado por Oliveira (2016), mas a situação encontrada no presente trabalho está exposta na Figura 7.

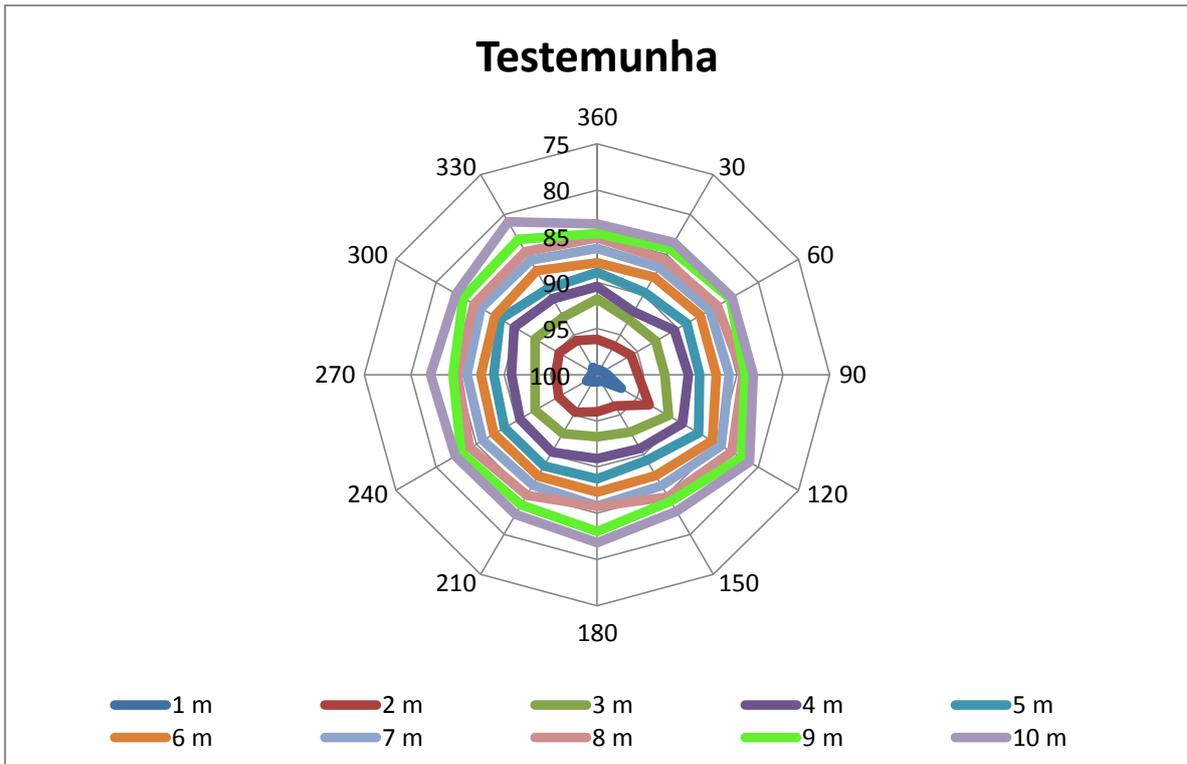


Figura 7 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral como testemunha em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

3.2 Chapa Compensado de Madeira

O primeiro material atenuante a ser testado foi à chapa compensado de madeira com espessura de 6.0 mm, que apresentou comportamento atenuante conforme descrito na Tabela 4.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	95,4	92,6	89,7	87,0	84,7	83,0	81,4	80,2	79,1	77,8
60	96,5	93,3	90,7	87,9	85,7	84,2	82,3	80,8	80,1	79,3
90	93,5	91,7	88,9	87,1	85,0	82,8	81,0	80,3	78,7	77,9
120	94,1	92,2	89,5	87,0	84,7	83,3	81,8	80,2	79,2	77,6
150	95,4	92,3	90,3	87,0	84,7	83,0	81,6	80,0	79,2	77,7
180	95,4	92,9	89,4	86,6	84,6	82,5	81,7	80,4	78,8	77,5
210	94,6	93,0	90,9	87,3	86,0	84,3	81,9	81,4	80,0	78,7
240	94,0	92,2	90,0	87,3	85,2	83,1	81,5	83,2	79,6	78,5
270	93,4	92,1	88,3	86,5	84,3	82,9	81,6	80,0	78,6	77,7
300	95,8	92,5	89,2	86,8	85,7	83,4	82,2	80,6	79,9	78,4
330	95,0	93,2	90,4	87,6	85,4	83,3	81,8	80,3	79,3	78,3
360	94,8	91,4	87,5	84,8	82,6	81,3	80,0	78,9	77,7	77,7
Média	94,8	92,5	89,6	86,9	84,9	83,1	81,6	80,5	79,2	78,1
Desv. P.	0,946	0,577	1,008	0,780	0,897	0,756	0,604	1,035	0,678	0,558

Tabela 4 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante chapa de compensado.

Observou-se que com a utilização de chapas de compensado de 6.0 mm a zona de risco do equipamento reduziu 3 metros, comparado à testemunha, isto é, a distância segura com o material atenuante utilizado reduziu para 6 metros do centro de emissão do ruído, conforme destacado na Figura 8.

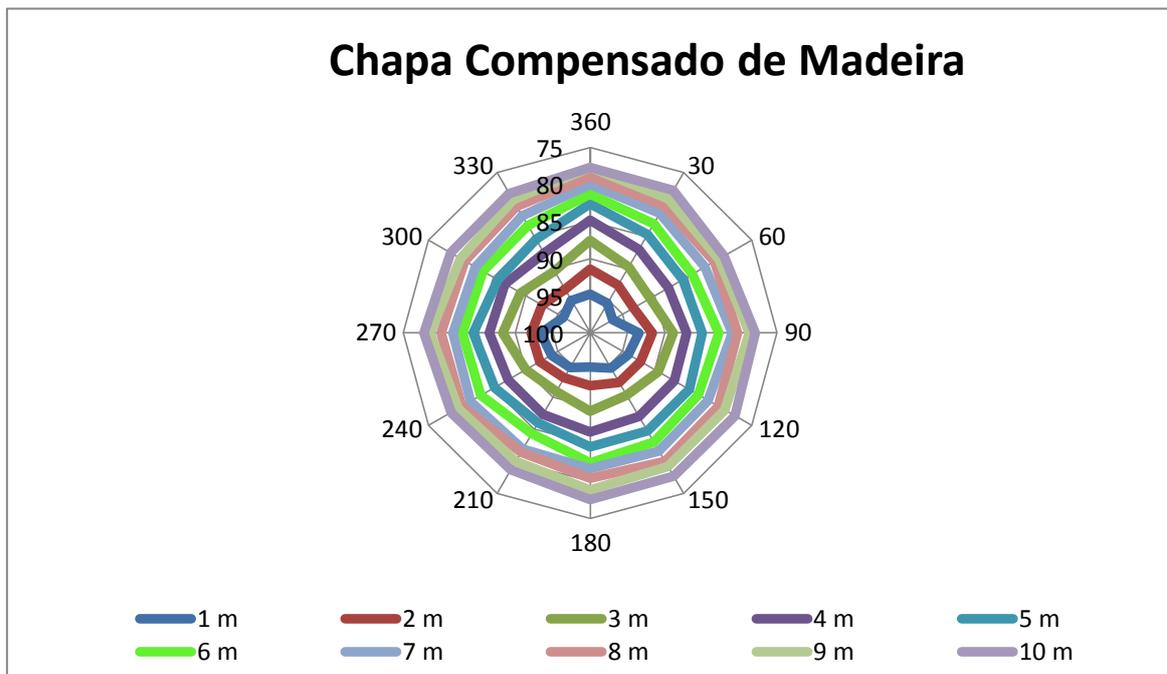


Figura 8 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante chapa compensado de madeira, em função da distância. Nível de pressão sonora (dB).

3.3 Chapa Metálica 0,5 mm

Como material atenuante foi utilizado chapa metálica de 0.5 mm que apresentou comportamento de atenuação, conforme Tabela 5, de modo semelhante à chapa compensado de madeira, mantendo uma distância segura a partir dos 6 metros.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	93,6	92,3	89,7	86,5	84,4	82,7	81,6	81,9	78,9	77,2
60	93,2	92,6	90,4	87,6	85,8	84,4	81,7	80,3	79,0	77,4
90	91,8	90,5	88,3	86,2	84,3	82,4	80,9	79,8	79,0	78,2
120	94,0	91,9	90,9	88,2	85,8	83,7	82,3	80,3	79,4	78,3
150	93,9	92,8	90,6	88,7	86,0	83,5	81,4	80,2	78,0	77,2
180	93,0	92,4	89,7	86,4	84,7	82,6	81,2	79,7	78,5	77,1
210	93,5	92,3	90,7	88,0	85,6	84,2	81,9	80,7	79,7	78,8
240	93,4	92,4	90,7	88,1	85,6	83,5	82,4	80,2	78,3	77,7
270	93,8	91,9	89,2	87,8	85,8	83,4	82,1	80,7	79,5	77,6
300	94,4	92,9	91,2	88,8	86,8	84,9	83,1	81,6	80,2	79,1
330	94,0	93,2	91,3	88,9	85,9	84,3	82,4	81,1	78,8	78,0
360	94,3	92,8	88,9	85,8	82,8	81,0	80,2	78,9	78,7	77,6
Média	93,6	92,3	90,1	87,6	85,3	83,4	81,8	80,5	79,0	77,8
Desv. P.	0,694	0,708	0,968	1,081	1,053	1,074	0,771	0,839	0,612	0,653

Tabela 5 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante chapa metálica

A ação de atenuação gerada pela chapa metálica de 0.50 mm é mostrada na Figura 9, a distribuição da pressão sonora demonstrou uma semelhança com a chapa compensado de madeira de 6.0 mm, inclusive nas observações de acordo com o raio de afastamento e indicando a mesma zona de segurança.

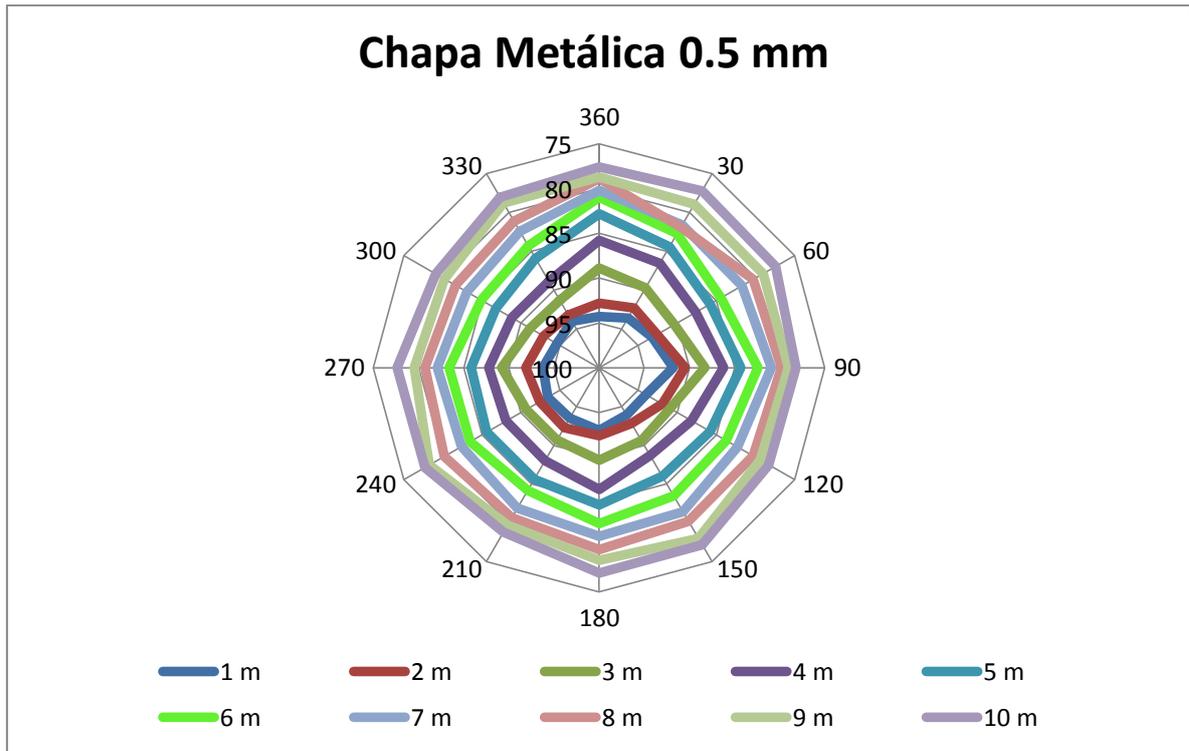


Figura 9 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com a utilização do material atenuante chapa metálica, em função da distância. Nível de pressão sonora (dB).

3.4 Plástico Bolha

Na utilização de plástico bolha com cinco camadas, reduziu-se a distância que anteriormente era de 6 metros com os materiais chapa compensado de madeira de 6.0 mm e chapa metálica de 0.50 mm para 5 metros (Tabela 6) do centro do equipamento, com exceção dos ângulos de 210 e 330°.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distância (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	96,1	91,5	88,5	86,8	85,0	82,9	81,6	80,2	78,6	77,8
60	95,2	91,3	88,9	86,1	84,0	82,4	80,9	79,4	78,5	77,6
90	95,8	91,4	88,3	86,3	84,3	82,4	81,2	79,9	79,0	78,0
120	93,7	90,5	87,6	85,4	83,9	81,7	80,6	79,3	77,9	77,2
150	95,3	91,4	88,0	86,3	84,4	82,7	81,4	80,0	79,3	78,3
180	94,8	91,2	88,2	85,8	84,4	82,7	81,3	80,4	79,1	78,3
210	95,6	92,1	89,2	87,1	85,2	83,6	82,3	80,8	79,9	78,7
240	94,7	90,6	87,9	85,6	84,0	82,3	80,4	79,3	78,3	77,4
270	95,6	90,8	87,9	85,7	83,9	82,5	81,2	79,9	79,2	78,4
300	94,1	91,0	88,2	86,3	84,4	82,6	81,4	80,2	78,5	78,0
330	95,5	92,6	89,6	87,5	85,7	83,8	82,6	81,0	80,0	79,1
360	96,2	91,1	88,7	86,2	84,0	81,7	79,9	79,6	78,9	77,8
Média	95,2	91,3	88,4	86,3	84,4	82,6	81,2	80,0	78,9	78,1
Desv. P.	0,761	0,594	0,591	0,634	0,578	0,631	0,756	0,561	0,620	0,536

Tabela 6 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante plástico bolha.

O plástico bolha apresentou uma ótima ação sobre a propagação da pressão sonora, de acordo com a Figura 10, podendo ser notado que nos ângulos de 210 e 330° apontou níveis acima do permitido pela Norma Regulamentadora, como a sua análise foi realizada com cinco camadas e considerando que é um material de custo relativamente baixo, o adequado seria a realização da análise com mais camadas a fim de manter a zona de segurança a partir dos 5 metros para todos os ângulos sem exceções, porém de forma geral manteve os 6 metros como distância segura.

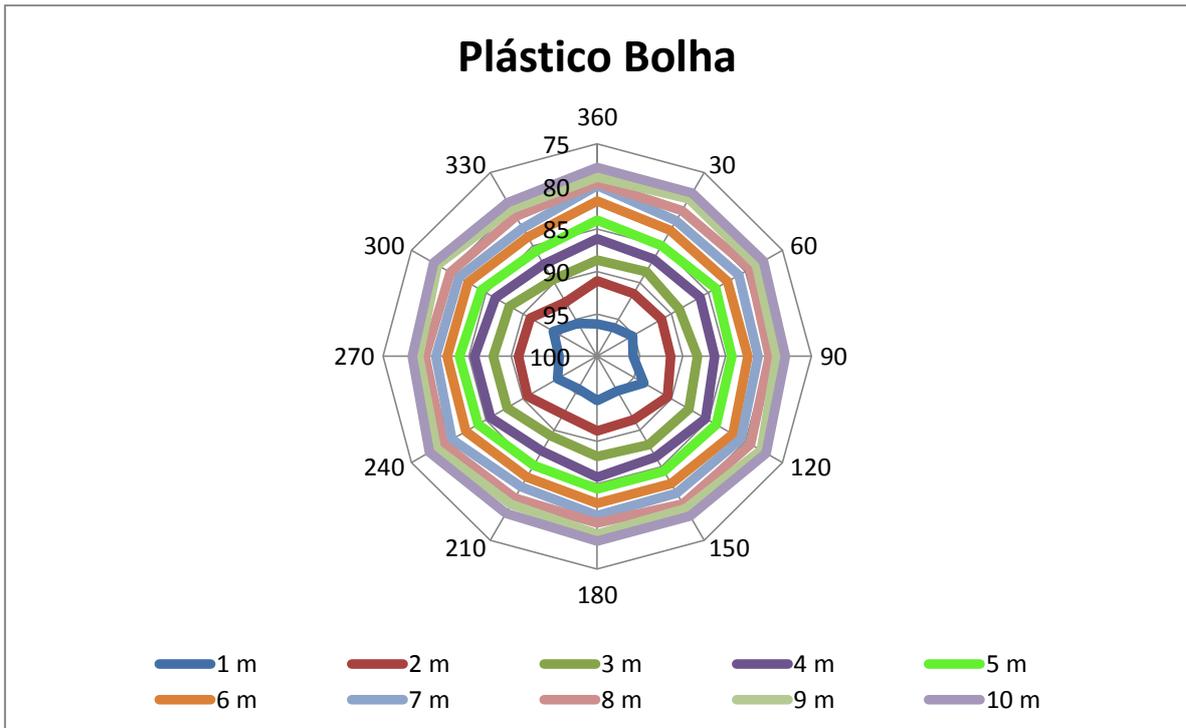


Figura 10 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante plástico bolha em cinco camadas em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

3.5 Espuma Acústica

Na análise de eficiência atenuante da espuma acústica que possui uma espessura de 20.0 mm, foi mensurado os níveis de pressão sonora em duas situações, com uma camada de espuma e três camadas de espuma, totalizando uma espessura de aproximadamente 60.0 mm.

3.5.1 Espuma acústica com uma camada

Ângulos (°)	Nível de Pressão Sonora (dB)									
	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	92,1	91,0	88,8	86,1	83,7	81,7	79,8	78,5	76,8	75,5
60	90,3	89,9	88,1	85,5	83,2	81,7	79,8	78,2	77,4	75,8
90	90,5	89,7	87,1	84,9	82,4	80,9	79,6	78,3	76,5	75,3
120	91,3	90,7	88,9	85,9	82,4	80,2	79,9	77,9	76,8	75,8
150	91,2	90,3	89,0	86,2	84,1	82,0	79,9	78,5	76,7	76,5
180	91,7	90,8	88,9	86,1	83,9	81,8	80,5	79,6	77,6	76,7
210	91,0	90,6	89,1	86,8	84,5	83,0	80,8	79,4	77,8	77,0
240	90,5	89,5	88,3	85,7	83,5	81,6	80,1	78,5	77,8	76,6
270	91,0	90,4	88,4	85,8	83,6	81,9	80,3	78,6	77,5	76,4
300	91,3	89,7	87,3	85,2	83,1	81,4	80,3	78,6	77,5	76,5
330	90,9	90,8	88,3	85,8	83,6	81,6	79,7	78,2	77,2	76,5
360	91,3	91,1	89,1	85,8	83,0	81,5	79,9	78,3	77,1	75,8
Média	91,1	90,4	88,4	85,8	83,4	81,6	80,0	78,5	77,2	76,2
Desv. P.	0,511	0,551	0,676	0,494	0,620	0,671	0,358	0,491	0,448	0,533

Tabela 7 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante espuma acústica (uma camada).

A espuma acústica mostrou uma ação de atenuação sobre os níveis de pressão sonora emitido pelo equipamento conforme a Figura 11, uma zona de segurança a partir dos 5 metros do centro do equipamento, reduzindo assim a zona de risco, a ação da espuma acústica apresentou uma redução de uma forma geral, nos níveis de pressão sonora em todos os raios de afastamento comparado aos níveis de pressão sonora apresentado pelo material plástico bolha.

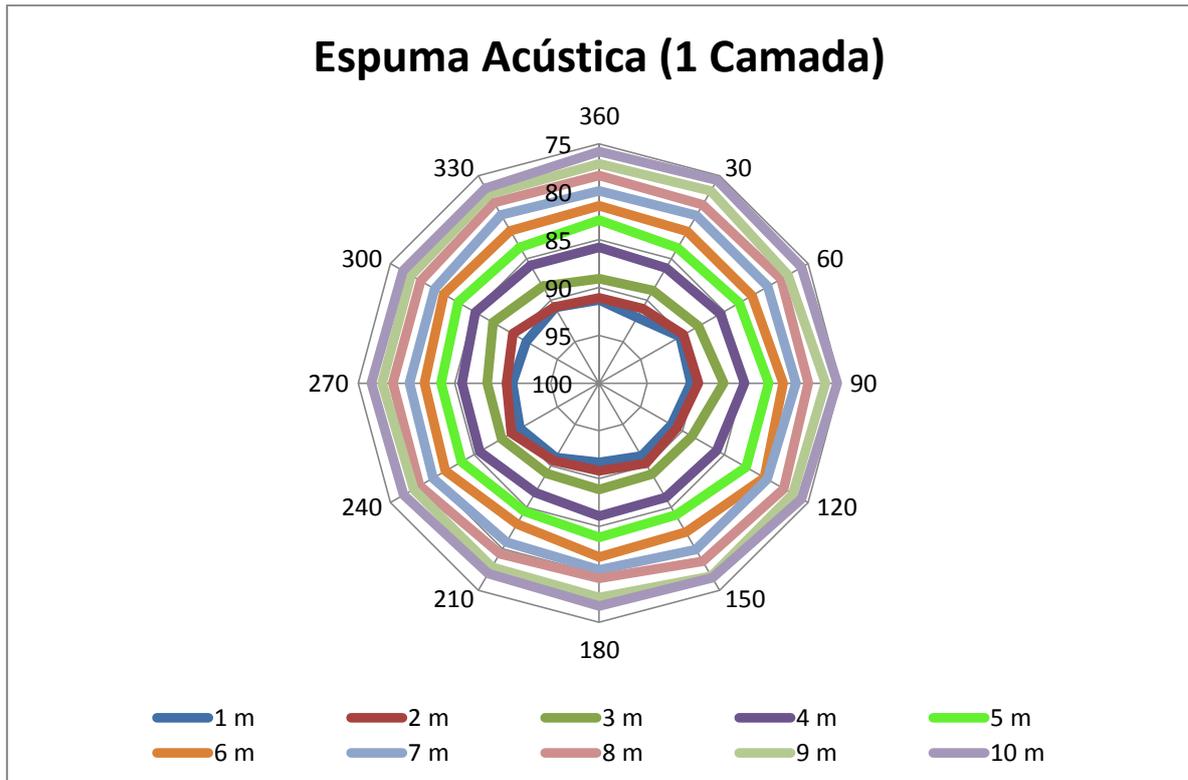


Figura 11 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante espuma acústica com uma camada em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

3.5.2 de Espuma acústica com três camadas

Na realização da análise da espuma acústica com três camadas, não se observou grandes diferenças entre o experimento com uma ou três camadas, ambas apresentaram a mesma zona de segurança, um raio de afastamento seguro de 5 metros a partir do centro do equipamento.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	90,0	89,6	87,9	85,0	82,7	80,6	78,6	77,1	75,7	74,5
60	88,0	89,5	87,4	84,9	82,2	80,2	78,1	77,2	75,9	75,3
90	88,4	89,7	86,7	83,9	82,0	80,1	78,3	77,0	75,4	74,8
120	88,8	89,3	87,7	85,6	82,6	80,9	79,1	77,2	76,2	75,4
150	90,6	90,6	88,4	85,5	83,2	81,5	79,7	78,2	77,2	76,3
180	91,3	90,1	87,6	84,8	83,3	81,1	79,6	78,0	76,7	75,5
210	90,6	89,8	88,0	85,5	83,4	81,9	79,7	78,3	77,6	76,5
240	90,1	89,5	87,6	85,6	83,7	82,1	80,4	78,8	77,5	76,6
270	90,4	90,0	88,3	86,2	84,1	82,2	80,0	78,5	77,6	76,3
300	89,9	89,6	88,0	85,9	83,8	81,8	79,7	78,6	77,4	76,2
330	90,1	90,2	87,6	85,4	83,4	81,5	79,6	78,1	77,0	75,6
360	90,2	89,7	87,4	84,6	81,9	79,9	78,1	76,6	75,4	74,6
Média	89,9	89,8	87,7	85,3	83,0	81,2	79,2	77,8	76,6	75,6
Desv. P.	0,972	0,363	0,445	0,616	0,738	0,796	0,779	0,737	0,853	0,751

Tabela 8 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante espuma acústica (duas camadas).

Conforme a Figura 12, os índices de propagação da pressão sonora com a ação da espuma acústica com três camadas, observou-se uma redução, comparado à espuma acústica com uma camada, apenas a partir dos 7 metros, é uma ação positiva, porem ideal é reduzir os níveis de pressão sonora emitidos o mais próximo do centro do equipamento, estando em conformidade com a Norma Regulamentadora já citada anteriormente.

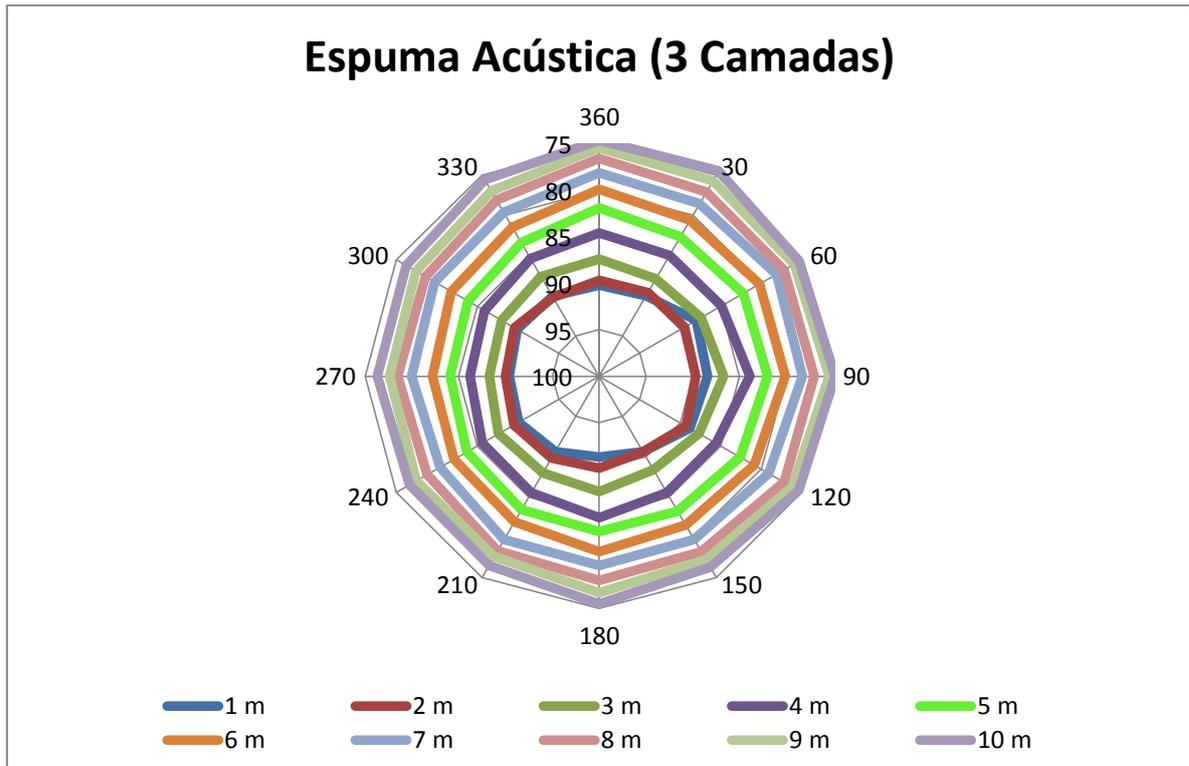


Figura 12 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante espuma caustica com três camadas em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

As espumas acústicas tanto com uma camada quanto com três camadas, comportaram-se de forma semelhante, reduzindo a zona de risco para 5 metros, abrangendo uma zona de segurança maior que os materiais já analisados, chapa de madeira compensado, chapa metálica e plástico bolha.

3.6 Caixas para Ovos

Na análise da caixa para ovos, que possui uma espessura de aproximadamente 35.0 mm (caixa para 30 ovos, área de 0,3m x 0,3m), também observou-se a redução da zona de risco para 5 metros, comportando-se da mesma forma que a espuma acústica.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distância (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	91,0	90,6	88,3	85,7	83,5	81,4	79,4	78,0	76,8	75,4
60	88,3	90,4	86,9	84,6	83,3	81,2	79,4	78,3	77,0	75,7
90	88,6	90,5	87,5	85,5	83,1	81,1	79,5	77,7	76,8	75,6
120	89,4	90,3	88,0	85,2	83,9	80,6	79,3	77,5	76,4	75,5
150	88,4	91,2	88,5	86,2	83,7	82,3	79,8	78,5	77,3	76,2
180	90,1	91,5	87,9	86,1	84,4	81,6	80,5	79,3	77,5	76,5
210	91,5	91,0	89,0	87,0	84,9	82,9	81,1	79,8	77,7	77,1
240	90,7	91,5	89,3	86,8	84,9	83,4	80,9	79,4	78,0	77,0
270	90,9	91,2	88,3	86,0	84,3	82,5	80,1	78,8	77,4	76,0
300	90,3	90,2	88,7	85,8	83,9	81,8	80,4	78,6	77,1	76,2
330	90,6	91,3	88,0	86,0	83,2	82,0	79,5	78,2	77,1	75,2
360	90,7	90,2	89,0	85,5	82,9	81,8	79,2	77,8	76,5	75,6
Média	90,0	90,8	88,3	85,9	83,8	81,9	79,9	78,5	77,1	76,0
Desv. P.	1,087	0,507	0,685	0,660	0,679	0,786	0,643	0,716	0,479	0,617

Tabela 9 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante caixa de ovos.

Conforme a Figura 13 é possível notar uma maior intensidade da propagação da onda sonora no raio de afastamento de 2 metros, uma intensidade maior que o raio de 1 metro. Esse efeito causado pelo material, é devido às propriedades acústicas deste material. De uma maneira geral, as caixas para ovos apresentaram uma eficiência semelhante aos das espumas acústicas, tanto com uma ou três camadas, ao comparar os materiais em custo/benefício, o material caixa de ovos se sobrepõe às espumas acústicas para efeito de atenuação.

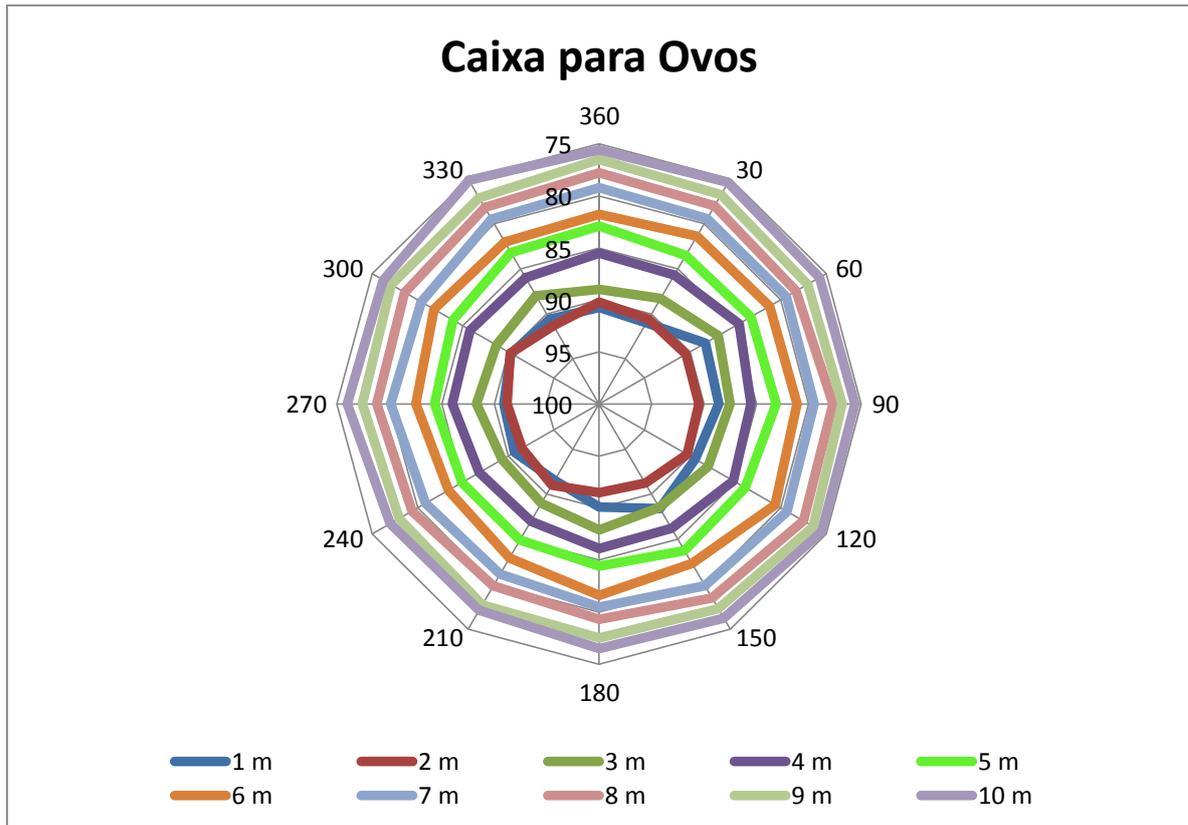


Figura 13 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante caixa de ovos em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

3.7 Tubos seccionados de PVC

O tubo de PVC de 100.0 mm foi cortado em espessura de 20.0 mm, isto é, anéis de cano, dispostos em formato alveolado, e revestido com a chapa metálica de 0.5 mm, de modo que fosse mantido o ar entre suas camadas, na intenção a dificultar a propagação da onda sonora.

Nível de Pressão Sonora (dB)										
Ângulos (°)	Distancia (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	91,1	90,0	88,0	84,6	82,7	80,5	78,9	77,3	76,3	75,1
60	89,8	88,3	86,4	84,2	81,6	79,5	77,8	76,4	75,7	74,7
90	89,6	89,3	87,4	84,4	82,7	80,9	78,2	76,9	75,6	74,8
120	89,5	88,9	87,1	84,9	82,3	80,6	77,0	76,7	75,2	74,5
150	90,0	89,2	86,7	84,5	82,8	80,2	79,2	77,6	76,4	74,9
180	90,3	89,8	87,4	85,1	82,8	81,0	78,9	77,5	76,4	74,6
210	90,2	89,9	88,0	85,6	83,5	81,5	79,5	78,4	77,0	75,8
240	90,2	89,0	87,9	85,1	83,3	82,1	80,1	78,5	77,1	75,4
270	90,4	90,2	87,7	85,3	83,6	81,8	79,6	77,7	76,9	76,1
300	90,8	90,0	87,8	85,3	83,4	81,9	80,2	78,7	77,6	75,6
330	90,5	89,5	88,2	86,0	83,5	82,0	79,5	77,8	76,9	76,1
360	91,3	90,0	87,4	84,4	82,6	80,6	78,4	77,3	76,5	74,8
Média	90,3	89,5	87,5	85,0	82,9	81,0	78,9	77,6	76,5	75,2
Desv. P.	0,556	0,580	0,553	0,540	0,594	0,818	0,940	0,711	0,673	0,572

Tabela 10 – Nível de pressão sonora (dB) emitido a partir do centro do equipamento separador de espiral com o material atenuante cano PVC.

Na distribuição da pressão sonora de acordo com a Figura 14, é possível observar que, de uma maneira geral, foi o material que obteve a melhor eficiência sobre a propagação da pressão sonora, comparado aos demais materiais analisados. O material manteve a zona de segurança a partir dos 5 metros de raio de afastamento como os demais, porém apresentou, na maior parte dos casos, níveis de NPS mais baixos em todas as observações.

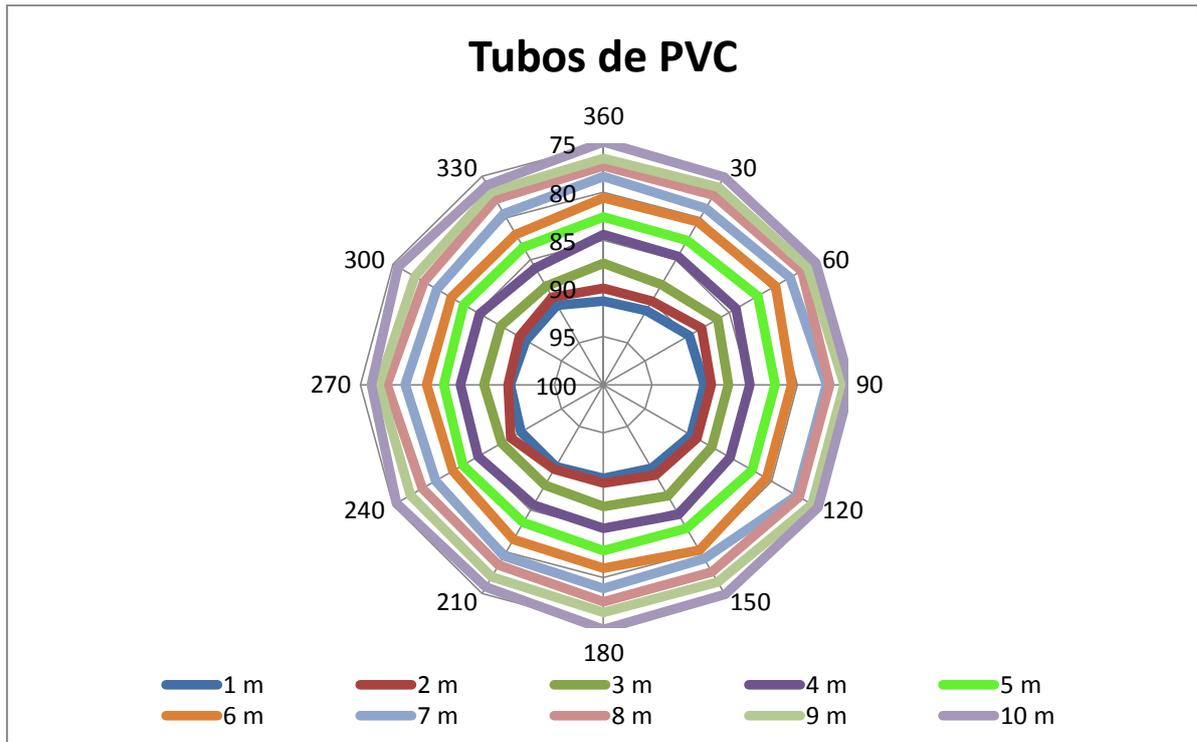


Figura 14 – Propagação da intensidade da onda sonora emitido pelo equipamento separador de espiral com o material atenuante canos de PVC em função da distancia. Nível de pressão sonora (dB).

O desempenho da atenuação produzida pelo tubo de PVC foi equivalente ao desempenho da espuma acústica e caixa de ovos, reduzindo a zona de risco para 5 metros a partir do centro do equipamento.

4 – CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, foi possível concluir que realmente os níveis de pressão foram atenuados pelos materiais analisados, o tubo seccionado de PVC foi o material que obteve o melhor desempenho.

Com a análise dos resultados foi possível hierarquizar os materiais de pior para melhor eficiência da seguinte forma: chapa metálica, chapa compensado de madeira, plástico bolha, caixa de ovos, espuma acústica com uma camada seguida de três camadas e o tubo de PVC seccionado com a melhor eficiência.

Após as análises foi possível concluir que o desempenho da estrutura metálica foi, de um modo geral satisfatório, e obteve um ótimo desempenho para a função a qual foi designada.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos, foi possível concluir que realmente os níveis de pressão sonora emitido pelo equipamento separador de espiral superaram os 85 dB(A) em determinadas distâncias, sabendo-se que a Norma Regulamentadora - NR 15 *Atividades E Operações Insalubres*, determina o limite de exposição ao ruído de oito horas diárias para um nível de pressão sonora de 85 dB(A). O equipamento sem qualquer tipo de material atenuante, emitiu ruído acima de 99 dB(A), conseqüentemente uma intensidade sonora prejudicial à saúde do trabalhador envolvido nesses ambientes laborais. A Norma Regulamentadora também indica que ao acréscimo de 5 dB(A), o limite de exposição reduz pela metade, desta forma, o indivíduo que estiver a uma distância de 1 metro do equipamento, só poderá permanecer por um intervalo de uma hora durante o dia.

Ao verificar que os níveis de pressão sonora emitido pelo equipamento separador de espiral eram superiores aos permitido pela Norma, juntamente em concordância com as bibliografias analisadas, que indicam um nível de pressão sonora de 85 dB(A) a partir dos 9 metros do centro do equipamento, desta forma, experimentou-se seis tipos de materiais. Considerando a omnidirecionalidade da onda sonora, e utilizando a metodologia de Oliveira (2016), constatou-se que a chapa metálica de 0.50 mm chapa compensado de madeira de 6.0 mm reduziram a zona de risco de 9 metros para 6 metros, um grande ganho considerando que a expressão da análise do NPS se comporta de forma logarítmica e não linear. Ao experimentar outros materiais como plástico bolha em cinco camadas, caixa para ovos, cano PVC, espuma acústica (uma e três camadas) constatou-se uma melhor eficiência comparado aos outros materiais analisados (chapa metálica e chapa compensado de madeira), obtiveram uma redução da zona de risco para 5 metros, conseqüentemente abrangendo uma área de segurança maior (Apêndice III).

Quanto à avaliação da estrutura, notou-se uma grande eficiência para a qual foi designada, com apenas alguns ajustes quanto à fixação dos materiais, isto é, fixação do tipo engate rápido e materiais do tipo elastômero para impedir o abaulamento dos materiais atenuantes a serem analisados, estará em perfeitas condições para servir e permitir o máximo da sua funcionalidade.

O ideal para os próximos trabalhos é a utilização e análise de materiais recicláveis como atenuantes, de forma que, além de contribuir com a saúde e segurança do trabalhador, possa contribuir para o meio ambiente.

Outra análise de grande valia é o teste de inflamabilidade dos materiais, de modo a garantir que o dispositivo atenuante do ruído não seja precursor do incêndio.

6 – REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A.; SERMET, M.; PINHO, D. **Introdução à ergonomia da pratica à teoria**. São Paulo: ed. Blucher, p. 19. 2009.
- ALMEIDA, N. U. **O controle do ruído ambiental em empresas da cidade industrial de Curitiba**. 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, C. O.; NAGAHAMA, H. J. Níveis de potência sonora nas operações agrícolas. **Revista Nucleus**. v.8, n.1, p. 278, 2011.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 05**: Comissão interna de prevenção de acidentes. Rio de Janeiro, 1978. Atualizada: julho 2011.
- _____. **NR 06**: Equipamento de proteção individual. Rio de Janeiro, 1978. Atualizada: julho 2017.
- _____. **NR 09**: Programa de prevenção de riscos ambientais. Rio de Janeiro, 1978. Atualizada: setembro 2014.
- _____. **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Rio de Janeiro, 1978. Atualizada: outubro 2015.
- _____. **NR17**: Ergonomia. Rio de Janeiro, 1978. Atualizada: junho 2007.
- BREVIGLIERO, E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **Higiene ocupacional**: agentes biológicos, químicos e físicos. São Paulo: Senac, 5 ed. 2010.
- FUDOLI, J. U.; SALIBA, T. M.; SALGADO, M. U. C. **Guia de estudo parte II**: exposição ocupacional ao ruído. 2012. 28 f. p. 11. (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Faculdade Pitágoras. 2012.
- GADOTTI, G.I.; OLIVEIRA, A.L.; LUZ, M.L.G.S.; TILLMANN, C.A.C. **Saúde e segurança do trabalho em unidades beneficiadoras de grãos e sementes**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2015. 104p.
- LONGUI, F. C; FERNANDES, L. S; RINALDI, P, C. N. Níveis de ruído emitidos por diferentes equipamentos em uma fábrica de ração. **Engenharia na Agricultura**, v.17, n.6, a.09. Viçosa, 2009.
- MACEDO, R. B. **Segurança, saúde, higiene e medicina do trabalho**. Curitiba: ed. IESDE, p. 12. 2008.
- MATTOS, U. A. de O.; MASCULO F.S. **Higiene e segurança do trabalho**. São Paulo: Ed. ELSEVIER. p. 239-240. 2011.

OLIVEIRA, C. R. D.; ARENAS, G. W. N. Exposição ocupacional a poluição sonora em anestesiologia. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v.62, n.2, a. 11, p. 259. 2012.

OLIVEIRA, A. L. **Condições de segurança do trabalho em unidades de beneficiamento de sementes**. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013. 56f.

OLIVEIRA, A. L. **Ruído emitido por separador de espiral: mensuração, convivência e requisitos de atenuação**. Tese (Doutorado). Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016. 85f.

OLIVEIRA, A. L. **Riscos ocupacionais relacionados à agroindústria de beneficiamento de sementes da Bahia**. Trabalho de conclusão de curso (Lato sensu). Engenharia de Segurança do Trabalho. Isego – PJ. Salvador, 2010. p.10 – 22

OLIVEIRA, A. L.; ARAUJO, A. S.; GADOTTI, G.I.; VILLELA, F. A.; DORR, C. S.; BAUDET, L. Percepção do trabalhador sobre o ambiente laboral em unidades de beneficiamento de sementes de soja. In. **Anais** do XV Encontro de pós-graduação da Universidade Federal de Pelotas, 2013. Disponível em: <http://cti.ufpel.edu.br/cic/arquivos/2013/CA_02042.pdf> Acesso: 17 abr. 2018.

OLIVEIRA, A. L.; BAUDET, L.M. Trabalho seguro: a diferença na produção e beneficiamento de sementes. **Seed News**. Pelotas, v.17. 2014. Editora Becker & Peske Ltda. Pelotas, 2014.

PIO, A. **Ruído pode gerar perda de audição, zumbido, ansiedade, insônia e até depressão**. Saúde Plena. Agosto, 2014. Disponível em <www.uai.com.br/app/noticia/saude/2014/08/27/noticias-saude,191735/ruído-pode-gerar-perda-de-audicao-zumbido-ansiedade-insonia-e-ate-d.shtml>. Acesso em : 05 mai. 2018.

RODRIGUES, H. E. Acervos pessoais, 2018.

RODRIGUES, M. N. **Metodologia para definição de estratégia de controle e avaliação de ruído ocupacional**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ROSA, M. R. D. da.; ALMEIDA, A. A. F.; PIMENTA, F.; SILVA, C. G.; LIMA, M. A. R.; DINIZ, M. de F. F. M. Zumbido e ansiedade: uma revisão de literatura. **Revista Cefac**, v.14, n.4, p.741-754, 2012.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle do ruído**. 4 ed. São Paulo: LTr, 2008.

SANTOS, J. dos. **Introdução à engenharia de segurança: mapa de risco**. Fundação Santo André, São Paulo. p. 7-8. 2013.

SANTOS, J. L. P dos. **Estudo do potencial tecnológico de materiais alternativos em absorção sonora**. Santa Maria: ed. UFSM, p. 7-8. 2005.

SILVA, L. A. D. **Avaliação dos níveis de ruído ocupacional do setor de conversão de guardanapos em uma indústria de papel para uso doméstico e higiênico-sanitário**. 2015. 142 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

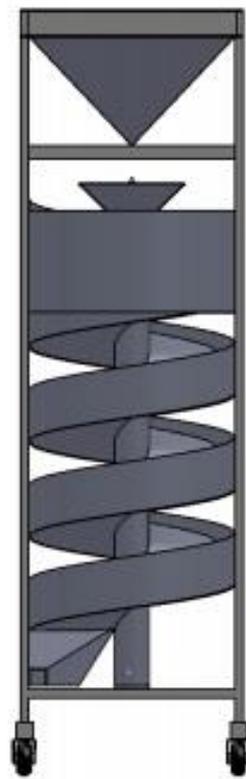
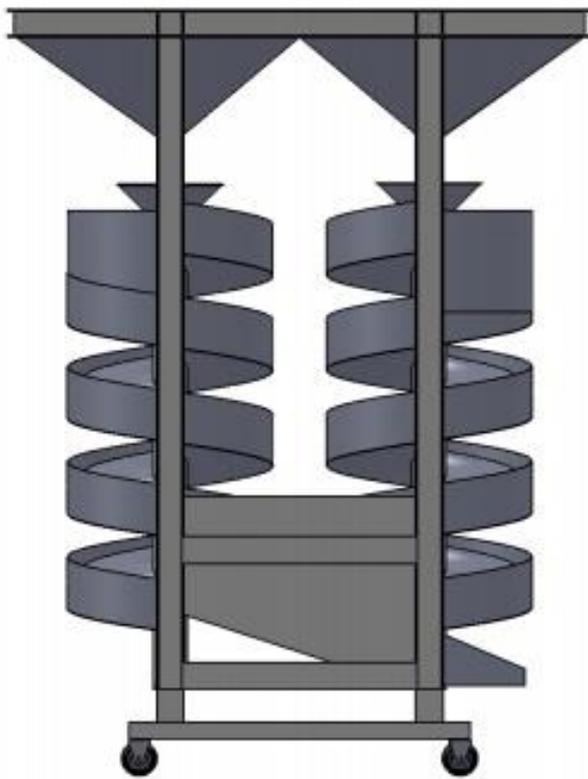
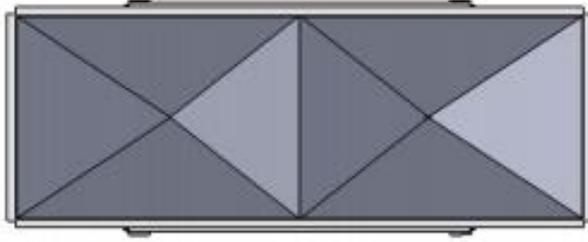
SOTO, J. M. O. G. SAAD, I. F. S. D.; GIAMPAOLI, E.; FANTAZZINI, M. L. NR - 15 um pouco de sua história e considerações do grupo que a elaborou. **Revista ABHO de Higiene Ocupacional**. a. 9, n. 21, p. 9. Setembro, 2010.

VAN DER LAAN, L. F.; USTRA, L. A. R.; CAMPOS, M. G.; ELIAS, M. C. Aspectos e Normas Operacionais da Segurança do Trabalho em Unidades Armazenadoras de Grãos e Fibras do Brasil. In: Moacir Elias, Maurício Oliveira. **Certificação de Unidades Armazenadoras de Grãos e Fibras do Brasil**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2012. p.77-150.

WICTOR, I. C.; BAZZANELLA, S. L. SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. **Avaliação ergonômica do nível de ruído e as causas de acidentes de trabalho em empresas madeireiras**. Rio de Janeiro, 2012.

APÊNDICE

APÊNDICE I



Separador de Espiral
Escala: 1:18

APÊNDICE II

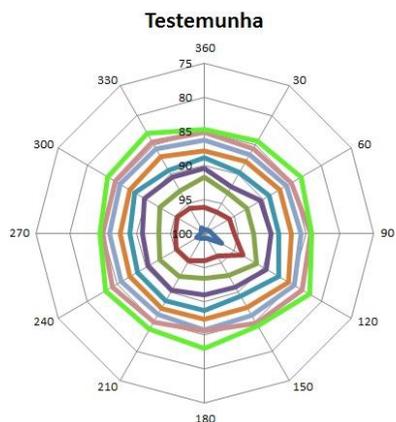


Conjunto Equipamentos

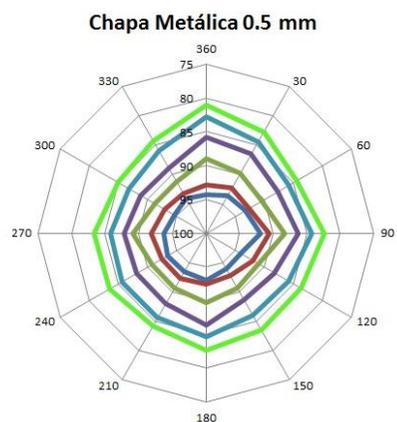
Escala: 1:25

APÊNDICE III - Distância Segura do Equipamento Separador de Espiral

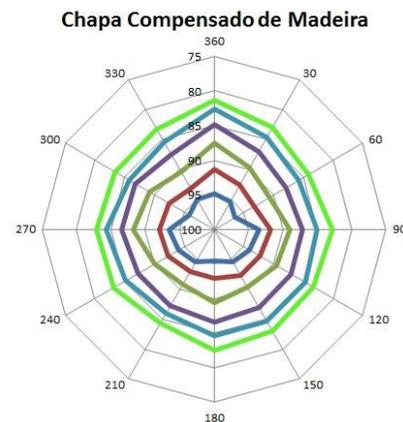
Nível de Pressão Sonora Menor que 85 dB



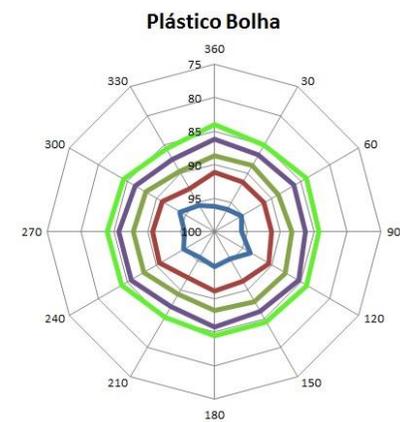
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m 6 m 7 m 8 m 9 m



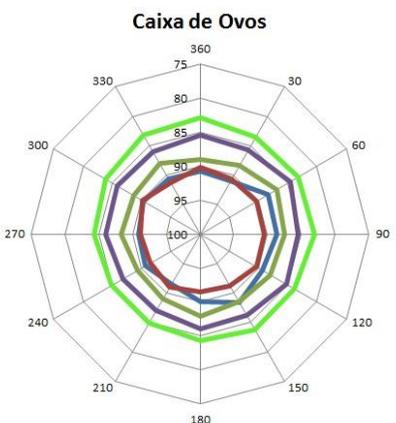
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m 6 m



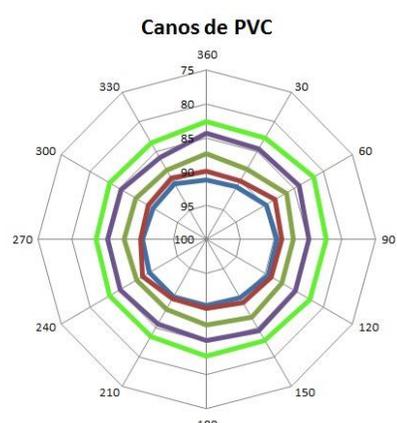
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m 6 m



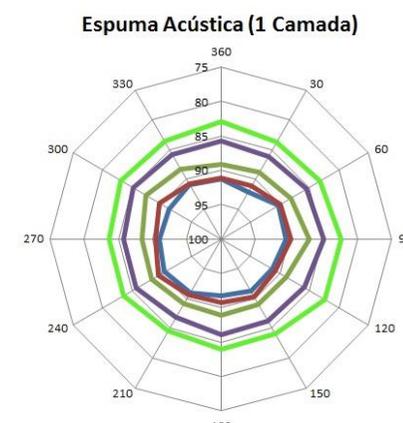
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m



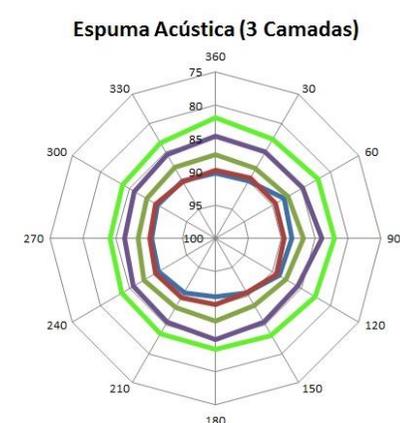
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m



1 m 2 m 3 m 4 m 5 m

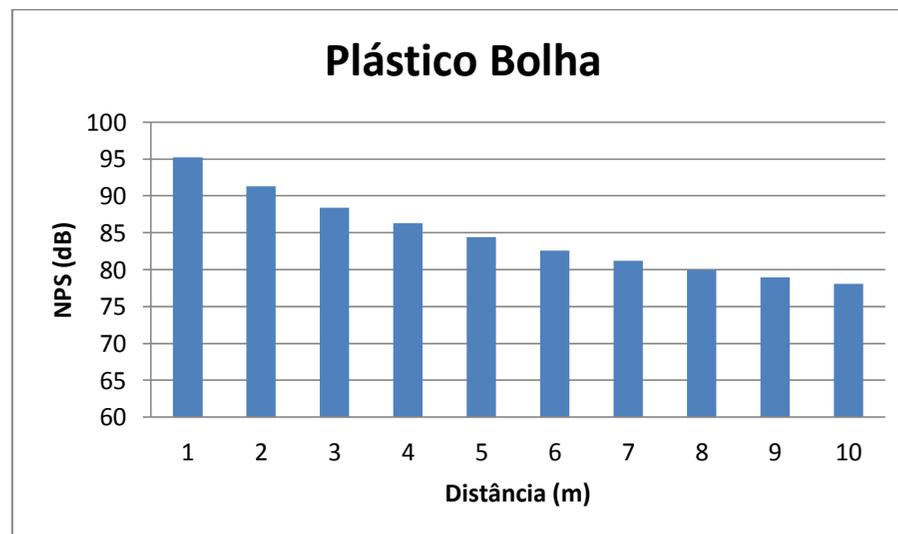
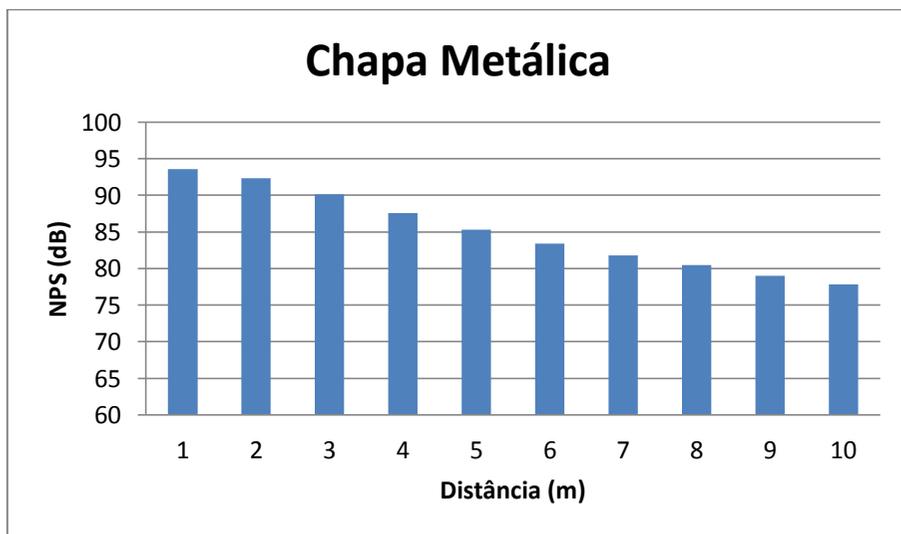
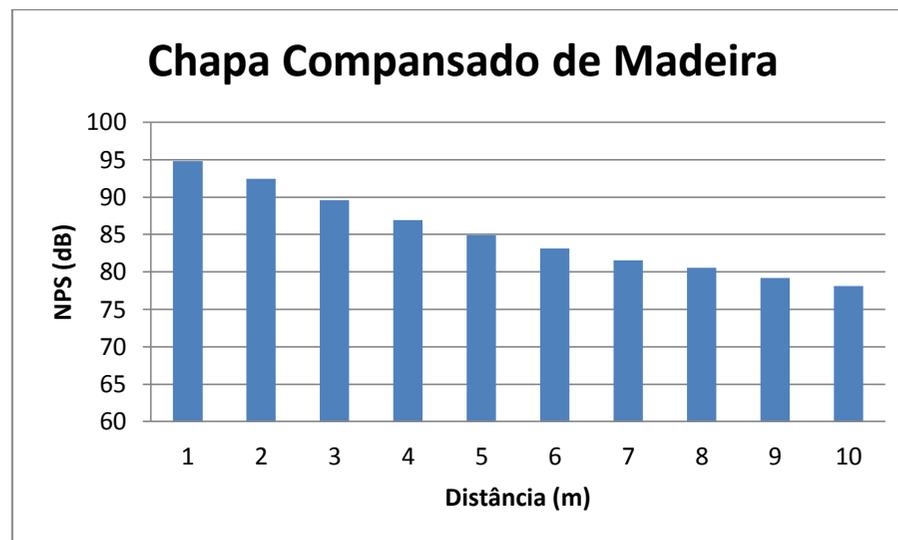
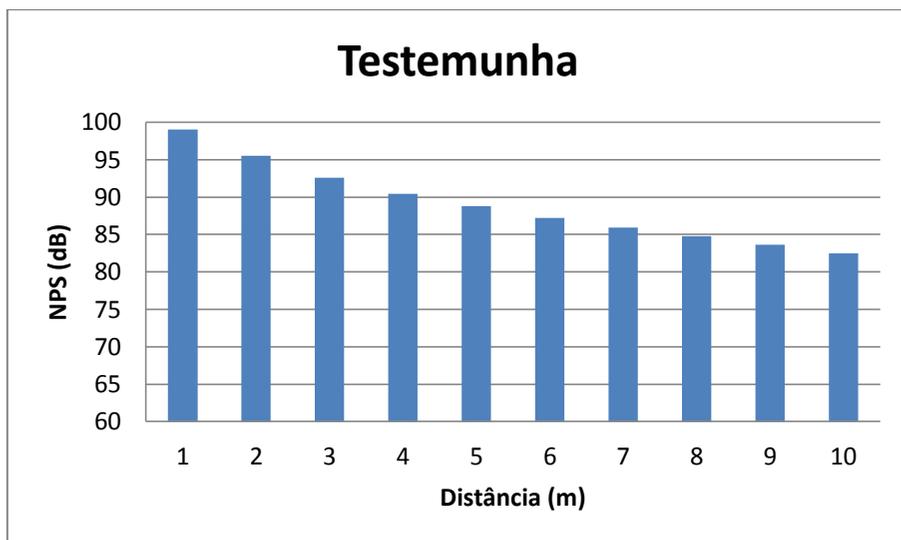


1 m 2 m 3 m 4 m 5 m



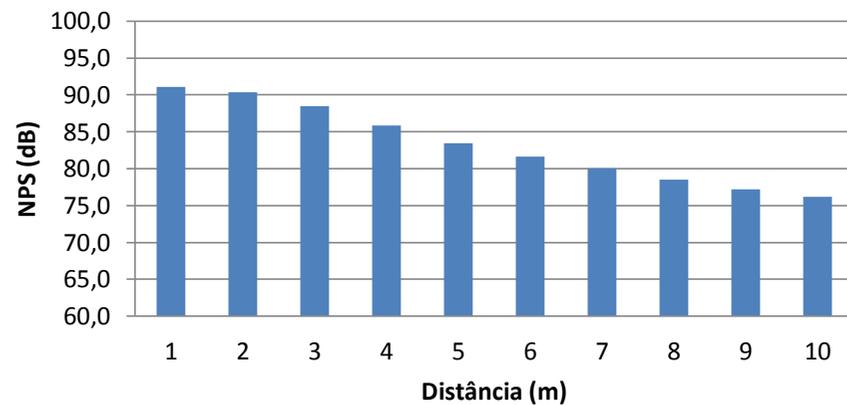
1 m 2 m 3 m 4 m 5 m

APÊNDICE IV

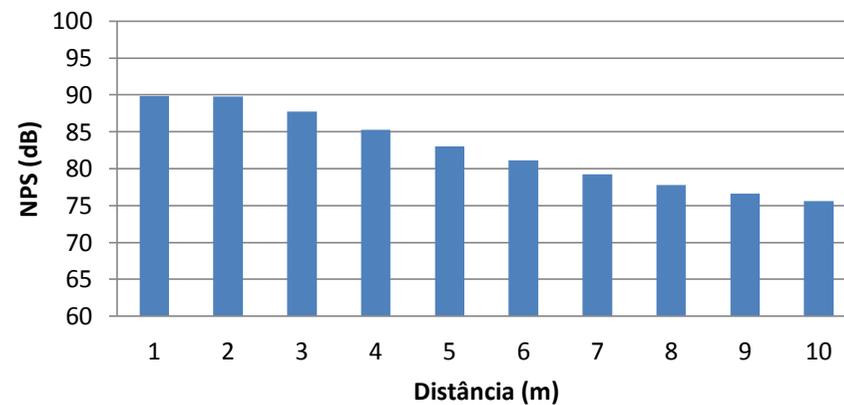


APÊNDICE V

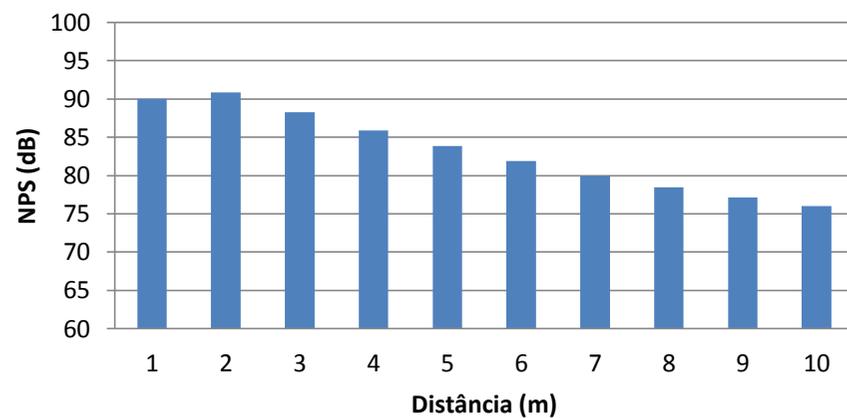
Espuma Acústica (Uma Camada)



Espuma Acústica (Três Camadas)



Caixa para Ovos



Tubo Seccionado de PVC

