



ALANA LOPES MARCILIO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RETENÇÃO SONORA DE MANTA
CONFECCIONADA COM FIBRA DE BUCHA VEGETAL (*LUFFA
CYLINDRICA*)**

INCONFIDENTES-MG

2016

ALANA LOPES MARCILIO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RETENÇÃO SONORA DE MANTA
CONFECCIONADA COM FIBRA DE BUCHA VEGETAL (*LUFFA
CYLINDRICA*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: D.Sc. Ademir José Pereira
Co-orientador: M.Sc. José Hugo de Oliveira

INCONFIDENTES – MG

2016

ALANA LOPES MARCILIO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RETENÇÃO SONORA DE MANTA
CONFECCIONADA COM FIBRA DE BUCHA VEGETAL (*LUFFA
CYLINDRICA*)**

Data de aprovação: ____ de _____ de 2016

**Orientador: Prof. D.Sc. Ademir José Pereira
IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

**Co-orientador: Prof. M.Sc. José Hugo de Oliveira
IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

**Prof^a. D.Sc. Cristina Aparício
IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes***

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus que me deu a oportunidade de realizá-lo, à Santa Catarina de Alexandria minha intercessora, minha mãe Ivaneide Lopes Marcilio fonte de muito apoio, a toda minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por permitir a realização, não só do presente trabalho, mas de tudo o que Ele me confiou em minha vida.

À minha intercessora Santa Catarina de Alexandria, cujo auxílio acredito muito, principalmente em minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, Ademir José Pereira e ao meu co-orientador, José Hugo de Oliveira, pela fundamental orientação, empenho, apoio, parceria e muita dedicação.

A meus pais, que tanto me apoiam e torcem por mim principalmente minha mãe Ivaneide Lopes Marcilio, que esteve ao meu lado em todos os momentos e minha família..

A todos os professores que fizeram parte de minha formação acadêmica, pela dedicação, não apenas em ensinar os conteúdos das disciplinas, mas, também, pelos conselhos, sugestões e exemplos de vida. Vocês são verdadeiros exemplos nos quais devo me espelhar.

A todos os meus colegas e amigos, em especial: Adriana Arantes, Alane Eva, Pâmela Raposo, Bruno Martins, Renata Suzi, Ítalo Vilar, Lizandra Martins, Carol Perez, Tiago Henrique e Suzana Romaro, que fizeram parte deste tempo de aprendizado, em que caminhamos juntos nas retas e nos apoiamos nas curvas, enfim, compartilhamos diversos momentos juntos que ficarão eternos em minha memória.

Agradeço em especial ao professor Éder Clementino dos Santos, por permitir a realização do trabalho no laboratório de Perícia Ambiental, por emprestar seus equipamentos para realizar as medições, pelas sugestões, orientações e alerta de alguns cuidados que eu deveria ter com o experimento e principalmente pela total dedicação e atenção em todos os momentos que precisei de sua ajuda. Ao professor Luiz Flávio Reis Fernandes por apoiar a minha ideia inicial de fazer um trabalho com atenuação de som.

À Instituição, que me ofereceu a oportunidade de fazer o curso e a todos que, direta ou indiretamente, participaram de minha formação acadêmica e colaboraram para a realização do presente estudo.

EPIGRAFE

“Todas as coisas da criação são filhos do Pai e irmãos do homem”

São Francisco de Assis

RESUMO

O grande número de trabalhos sobre o tema evidencia que tem se tornado cada vez mais necessária a utilização de medidas para se evitar o contato com alta emissão de ruídos. O tratamento acústico é a prática mais adotada. Ela consiste em criar barreiras para evitar a propagação dos ruídos que podem ser construídas, tanto com materiais convencionais utilizados na construção civil, quanto com materiais inovadores e tecnologicamente voltados especificamente para atenuação de som e ruídos. Dentre as inovações, há os materiais compostos com fibra sintética e os materiais compostos com fibras naturais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de atenuação de ruídos por meio de mantas confeccionadas com fibra de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) e a viabilidade ecológica e econômica de produzi-las. Foram testadas 5 (cinco) mantas confeccionadas com fibras de bucha vegetal, com as seguintes densidades: Manta 1: 0,0835g/cm³; Manta 2: 0,0885g/cm³; Manta 3: 0,1016g/cm³; Manta 4: 0,1356g/cm³; Manta 5: 0,1539g/cm³, com uma placa de divisória de Eucatex®. Elas foram comparadas com uma amostra testemunha (sem interferência de materiais). O teste foi realizado em um protótipo de madeira confeccionado em forma de uma caixa, com medidas de 1,30 X 0,22 X 0,24m, em cujo interior os materiais testados foram fixados; as mensurações foram feitas por meio de um decibelímetro, em 4 (quatro) pontos antes da fixação da manta e divisória e 4 (quatro) pontos depois. Os dados coletados no teste foram submetidos à análise de variância e, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. O trabalho foi dividido em duas mensurações, sendo que na 1ª, a manta 5 apresentou maior percentual de retenção sonora e na segunda mensuração, a Manta 5, Manta 4 e a divisória foram superiores às demais e estatisticamente iguais.

Palavras chave: Tratamento acústico, fibra vegetal, Atenuação.

ABSTRACT

The large number of published works on the theme evidences that preventing from contact with high noise emissions has become increasingly necessary. Acoustic treatment has been the most adopted action in this sense. It consists of creating barriers to prevent noise from propagating, which can be built from both conventional civil construction materials and technologically innovating materials specifically made to such purpose. Among those innovations are the materials made from synthetic fibers and compost materials with natural fibers. This work aimed at assessing the noise attenuation capacity of mats made from loofah fibers (*Luffa cylindrica*), as well as the environmental and economic feasibility to produce them. Five loofah vegetal fiber mats were tested, under the following densities: mat 1: 0.0835g/cm³; mat 2: 0.0885g/cm³; mat 3: 0.1016g/cm³; mat 4: 0.1356g/cm³; mat 5: 0.1539g/cm³, with a Eucatex® partition. These were compared to a control sample (without interference from materials). The test was carried out in a 1.30 X 0.22 X 0.24m wooden box-shaped prototype with materials fixed in its interior; measurements were made using a decibel meter in four spots before fixation of mat and partition, and four points after. Testing data collected were submitted to variance analysis, and to Tukey test, at 5% significance. The experiment was divided into two measurements; on the first one, mat 5 showed the highest sound retention, and on the second, mats 4 and 5, and the partition obtained superior and statistically equal results to the remaining mats.

Key-words: Acoustic treatment, vegetal fiber, attenuation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. POLUIÇÃO SONORA	3
2.2. LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA ALTAS EMISSÕES DE RUÍDOS	4
2.3. SOM E RUÍDO.....	6
2.4. SISTEMA AUDITIVO	7
2.5. ACÚSTICA.....	8
2.6. RESISTIVIDADE ACÚSTICA.....	8
2.7. TRATAMENTO ACÚSTICO (ISOLAMENTO)	9
2.8. MATERIAIS UTILIZADOS	9
2.8.1. Fibras sintéticas	10
2.8.2. Inovações ecológicas.....	11
2.9. DIVISÓRIA DE EUCATEX®	12
2.10. VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	12
2.11. RESULTADOS DE ESTUDOS RELACIONADOS	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1. EQUIPAMENTOS	16
3.2. CONFECÇÃO DAS PLACAS	19
3.3. CÁLCULO DA DENSIDADE	20
3.4. TESTE DE INTENSIDADE SONORA	21
3.5. VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÕES.....	32
6. SUGESTÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de dar tratamento acústico a diversos ambientes, principalmente em grandes centros urbanos, onde a poluição sonora é um dos principais problemas, e está relacionada a uma série de problemas de saúde que afetam a população, cabe aos pesquisadores a busca constante de uma alternativa eficiente em relação à atenuação de ruídos, que não contribua para a deterioração da condição ambiental do planeta.

Atualmente, as fibras sintéticas são os materiais mais utilizados para tratamento acústico, tais como a lã de vidro, que é a fibra sintética mais utilizada. A maioria das mantas acústicas de natureza sintética possuem componentes tóxicos, capazes de causar danos em pessoas, como problemas respiratórios e irritações (Santos, 2010), tanto quando fabricadas, quanto em sua aplicação e utilização. Observe-se que nem todas as fibras sintéticas são tóxicas. É importante, também, ressaltar que as fibras sintéticas não são biodegradáveis. Sua correta disposição final deve ser realizada em aterro sanitário ou em aterro sanitário para resíduos industriais, de acordo com a composição da fibra. Contudo, a utilização dessas fibras pode resultar em resíduos tóxicos, quando dispostas em locais clandestinos que apresentam acúmulo de resíduos à céu aberto, ou, em contato com pessoas e indivíduos vivos susceptíveis à influência de eventos naturais, podendo-se acarretar contaminação de diversos meios como mananciais, solo, vegetação e outros.

A utilização de fibras ecológicas na fabricação de mantas acústicas no mundo não é de origem recente, predominando a utilização das fibras sintéticas. Há tipos de fibras que, associados a materiais convencionais (concreto, gesso, tijolos e materiais de construção civil em geral) possuem melhor desempenho como atenuador de som. Ademais, cada projeto de tratamento acústico é baseado na absorção de uma dada faixa de frequência e nível a serem atenuados. Para os projetos de absorção de níveis de ruídos menores, as fibras ecológicas com menor potencial de atenuação de som podem ser utilizadas.

O mercado conta com a oferta de fibras vegetais para tratamentos acústicos, embora em menor quantidade, em comparação às sintéticas. Juta, sisal, fibras de coco, abacaxi, rami, cânhamo, fibra de madeira, bagaço de cana e várias outras fibras celulósicas são exemplos de produtos naturais que têm sido utilizados como matérias-primas para compor materiais novos. Apresentam um grande potencial comercial (BLEDZKI, 1999).

A fibra de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*), apresenta características compatíveis com a indústria de fibras para tratamentos acústicos, como porosidade, é um material fibroso de baixa densidade. Além disso, é biodegradável, não tóxico, um recurso natural renovável. Para sua fabricação, não será necessária a industrialização excessiva, nem utilização de produtos químicos, o que faz desta uma possível alternativa, viável economicamente e ecologicamente.

Trabalhos sobre o potencial de atenuação de som não costumam apresentar dados que indiquem a viabilidade e custo-benefício da fibra utilizada. É de extrema importância saber se é viável para o meio ambiente produzir uma fibra ecológica em larga escala. Nesse sentido, este estudo também apresenta a valoração ambiental das fibras de Bucha vegetal *Luffa cylindrica*, por meio da metodologia de síntese ambiental em energia, publicada por Odum em 1996, que permite converter todo tipo de energia gasta nas etapas do processo de fabricação das mantas para uma base comum. É possível, ainda, calcular indicadores que mostrem claramente se o sistema é sustentável ou não.

O presente trabalho teve o objetivo de verificar a capacidade de atenuação sonora da fibra de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) em relação à sua densidade e comparar com a capacidade obtida por uma divisória de Eucatex® com a mesma metodologia, e também avaliar a viabilidade de produzir e utilizar mantas para isolamento acústico derivadas da fibra de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. POLUIÇÃO SONORA

A poluição sonora é um dos principais problemas dos centros urbanos. Como problema ambiental, é o tipo de poluição que mais afeta o ser humano de forma direta. Assim, este problema é considerado como a terceira prioridade ecológica mais crítica, estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), juntamente com a escassez hídrica e a poluição atmosférica (OMS, 2010).

Os especialistas da área de saúde afirmam que a exposição à alta emissão de ruídos pode ocasionar inúmeros malefícios, além da surdez (Machado, 2009). Os ruídos estão relacionados às causas de redução da capacidade de comunicação, memorização e capacidade de aprendizado, além da perda ou diminuição do sono, envelhecimento prematuro, nervosismo, distúrbios neurológicos, cardíacos, circulatórios e gástricos. Os maiores danos à saúde humana ocorrem em níveis moderados de ruídos em longo prazo de exposição, vão causando lentamente estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos, além de sintomas secundários como aumento da pressão arterial, paralização do estômago e intestino, má irrigação da pele e até impotência sexual (MACHADO, 2009).

Mesmo com tantos efeitos danosos que o ruído causa à saúde humana, este problema não é levado em conta o suficiente pela população dos grandes centros urbanos, já que em pesquisas feitas a maioria da população exposta à alta emissão de ruídos diz já estar acostumada com os riscos e não possuem consciência das consequências de saúde que esta exposição irá causar (LACERDA et al., 2005). Porém, com o aparecimento dos danos, muitos passam a reconhecer a importância em reduzir a emissão dos ruídos.

Trabalhos científicos mostram que uma pessoa só relaxa durante o sono em níveis de ruídos abaixo de 39 dB, já que nossa audição é umas das únicas funções que não param de funcionar nem quando estamos dormindo. A OMS estabelece 55 dB como nível médio de ruído diário e, acima de 75 dB, começa o desconforto acústico (FERNANDES, 2005).

2.2. LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA ALTAS EMISSÕES DE RUÍDOS

Condições acústicas desfavoráveis acarretam problemas como dificuldade de comunicação, irritabilidade e efeitos nocivos à audição e saúde (Machado, 2009).

No Artigo 225 da Constituição Federal é feita a seguinte abordagem:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida impondo-se ao Poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. BRASIL (1988)”.

Segundo a Resolução do CONAMA 001/90:

“I – A emissão de ruídos, em decorrência de qualquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução”.

“II – São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151”.

Segundo a Norma NBR 10.151:

“1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações”.

A Norma NBR 10.152 estabelece os níveis de ruído para conforto acústico:

“Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos”.

Notas: a) As questões relativas a riscos de dano à saúde em decorrência do ruído são estudadas em normas específicas.

b) “A aplicação desta Norma não exclui as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto”.

Os níveis de ruídos estabelecidos pela NBR 10.152 se encontram na Figura 1 expressa a seguir:

Figura 1: Tabela de níveis de emissão sonora para o conforto acústico em determinados locais.

Fonte: NBR 10.152

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45
Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Resolução Conama n.º 002 de 08 de março de 1990:

“Art. 1º - Instituir em caráter nacional o programa Nacional. Educação e Controle da Poluição Sonora - "SILÊNCIO" com os objetivos de:

- a) Promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país;
- b) Divulgar junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído.
- c) Introduzir o tema "poluição sonora" nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;
- d) Incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc.
- e) Incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da política civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate para

receber denúncias e tomar providências de combate a poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

f) Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possa contribuir para o desenvolvimento do Programa SILÊNCIO.”

“Art. 2º - O Programa SILÊNCIO, será coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e deverá contar com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, e demais entidades interessadas.”

2.3. SOM E RUÍDO

A onda sonora é a transferência de energia de um local para outro, ou seja, qualquer variação de pressão que se propaga pelo ar, água ou ambiente gasoso, onde os ouvidos humanos são sensores e conseguem captar e distinguir variações nesse tipo de onda.

O ouvido humano distingue o som e o ruído de forma subjetiva, está relacionado à sensações agradáveis como música e voz, é medido pela frequência de onda em que é captada.

O ruído é associado à sons indesejáveis que causam desconforto e podem causar danos auditivos à longo prazo de exposição (MATEUS, 2008).

O ruído é a mistura de tons cujas frequências diferem entre si, devido ao valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido (ABNT, 1987).

O ruído é um tipo de som sem periodicidade definida, não é possível afirmar que ruído e som são sinônimos (BOLOGNESI, 2008).

Os ruídos podem ser classificados como contínuo, intermitente ou de impacto. O ruído contínuo varia 3dB em um longo período (maior que 15 minutos), o ruído intermitente varia até 3dB em períodos curtos (menor de 15 minutos e maior que 2 segundos), e o ruído de impacto são picos de energia acústica com duração inferior à 1 segundo (em intervalos superiores à 1 segundo). A unidade para medição dos ruídos se dá em decibéis, foi estabelecida pela ABNT. Adotou-se uma função logarítmica definindo a intensidade da sensação auditiva, resultando no *nível sonoro de intensidade* ou no *nível sonoro de pressão*, medidos em decibel (dB) - 1 bel = 10 decibéis.

A intensidade é percebida pela quantidade de células excitadas no caracol, localizado no ouvido interno, e cada segmento vibra em uma determinada nota (AMORIM; LICARÃO, 2005).

Na Figura 2 expressa a seguir, mostra a diferença entre as ondas sonoras que produzem ruídos e as ondas sonoras que produzem som.

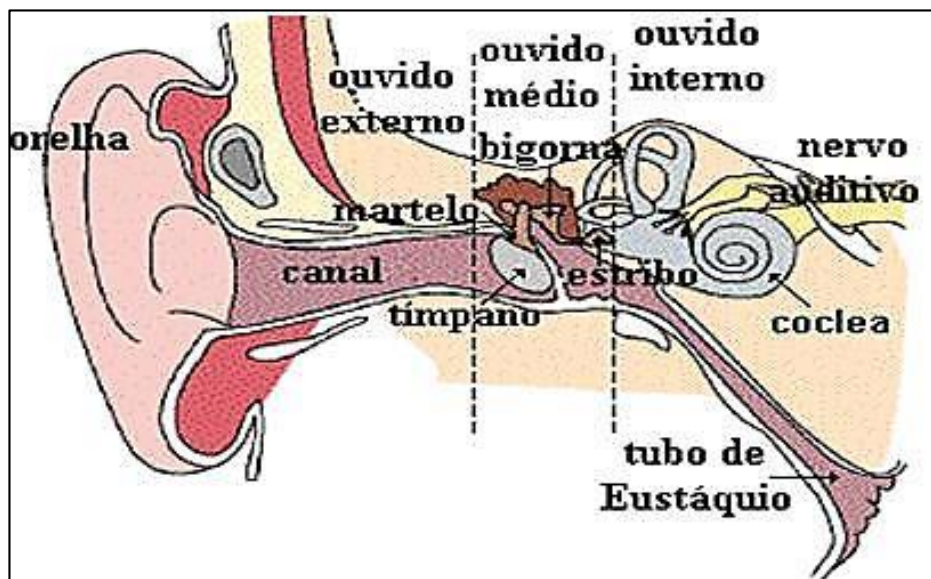
O ouvido humano é sensível à frequência sonora entre 20Hz e 2000Hz, porém o ouvido capta ondas sonoras com variação em frequência e amplitude.

2.4. SISTEMA AUDITIVO

Segundo Amorim e Licarão (2005), a função do sistema auditivo é transformar ondas mecânicas do som em impulsos elétricos (entendíveis ao cérebro), o ouvido é formado por três partes, ouvidos externo, médio e interno:

- O ouvido externo: É composto pelo pavilhão auditivo e canal auditivo, é responsável por captar os sons encaminha-los pelo canal auditivo até o tímpano. O pavilhão é constituído cartilagem e revestimento de pele, seu formato age como um funil encaminhando o som para o canal auditivo que mede 2,5cm de comprimento contendo pelos e cera para evitar a entrada se sujeira (RUI, 2007).
- O ouvido médio: tímpano (membrana) que possui 1 mm de espessura, vibra e transmite a energia para os ossículos martelo, bigorna e estribo, nesta ordem, reduzindo a amplitude da onda e intensificando a energia para o ouvido interno;
- O ouvido interno: membrana tubular (caracol), preenchida de líquido que transmite a energia vibratória às células, e estas mandam estímulos eletroquímicos ao encéfalo que é ligado ao nervo auditivo. Como indicado na Figura 2 expressa a seguir:

Figura 2: Estrutura do aparelho auditivo humano.
Fonte: (WGATE, 2014)



2.5. ACÚSTICA

A acústica é uma área de estudo da física que estuda os fenômenos do som e/ou ruído, sua propagação nos meios sólido, líquido, gasoso e sua interação com nossos sentidos (MATHEUS, 2008), a parte material do fenômeno sonoro (LAZZARINI, 1998). Sendo que quando é comprovado uma situação que cause danos à integridade de um indivíduo, são aplicados os conhecimentos da acústica para:

- Eliminar / reduzir os ruídos que podem comprometer a audição;
- “Controlar” os sons, evitando interferências excessivas (ecos, reverberações, etc.), garantindo entendimento perfeito entre ouvinte e locutor. (AMORIM; LICARÃO, 2005);

2.6. RESISTIVIDADE ACÚSTICA

Os materiais classificados em “mole”, são utilizado para absorção acústica, e os material “duro”, são utilizado para isolamento acústico. Para se determinar se um material é “duro” ou “mole”, multiplica-se a velocidade do som no mesmo, pela densidade. A Figura 3 expressa a seguir, mostra a velocidade do som em alguns materiais diferentes (AMORIM; LICARÃO, 2005):

Figura 3: Velocidade do som em alguns materiais.

Fonte: Apostila: Introdução ao conforto acústico / UNICAMP (AMORIM; LICARÃO) adaptado.

Material	Velocidade do som (m/s)
Aço	6100
Alumínio	4877
Tijolo	4176
Madeira	3962
Vidro	3962
Concreto	3231
Água	1433
Cortiça	366
Ar	343
Borracha	150

2.7. TRATAMENTO ACÚSTICO (ISOLAMENTO)

Um projeto de isolamento acústico começa com o planejamento, onde é considerado a localização e classificação do som objetiva. Também deve-se conhecer o nível de ruído que será isolado, saber a localização de edificações, fontes, cômodos e máquinas (AMORIM e LICARÃO, 2005).

O tratamento acústico visa atenuar o nível de energia sonora, através de isolamento atenuador por meio de tratamento absorvente/isolante. Para ouvintes em locais diferentes da fonte sonora, indicam-se barreiras ou painéis isolantes - no mesmo ambiente, superfícies acústicas absorventes.

O tratamento acústico trata do ruído que se propaga nos sólidos (preocupação nos prédios de apartamentos) e neste caso, os materiais utilizados são elásticos e duráveis.

Para isolar o som, deve-se basicamente criar barreiras que podem ser incorporadas em paredes, divisórias, teto e outros lugares, compostas de materiais de construção civil ou de material específico para tratamento acústico desde que atenda às necessidades locais e consiga reduzir a intensidade de uma maneira que esta não incomode a audição humana e não ultrapasse os níveis estabelecidos pela legislação.

2.8. MATERIAIS UTILIZADOS

Segundo Catai et al., (2006), os materiais utilizados para isolamento acústico podem ser classificados em convencionais e não convencionais. Os Materiais Convencionais são os materiais de vedação utilizados na construção civil, como: blocos cerâmicos, bloco de concreto/concreto celular, bloco sílico de calcário, madeira, vidro entre outros materiais utilizados na construção civil que possuem uma série de vantagens. Uma das principais vantagens é o isolamento acústico razoavelmente bom para uso comum.

Os materiais não convencionais, ou “inovações”, são materiais desenvolvidos especialmente para tratamento acústico em diferentes ambientes. Geralmente, estes materiais também possuem algumas vantagens térmicas e podem ser de natureza renovável ou sintética. Como exemplo há a lã de vidro, lã de rocha, vermiculita, espumas elastoméricas, fibra de coco (inovação ecológica), entre outros. São nestes materiais que a fibra de bucha vegetal (*Luffa Cylindrica*) se insere. A seguir, será feita uma abordagem sobre alguns destes materiais.

2.8.1. Fibras sintéticas

A lã de vidro é um componente formado a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas em alto forno. Devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função à porosidade da lã, a onda entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida. É o material mais utilizado para tratamentos acústicos na atualidade (CATAI et al., 2006).

Sua produção está associada à emissão de gases NO₂, SO₂ e CO₂. Implica gastos significativos de energia e água (QUERCUS, 2014).

Quem trabalha com esse tipo de material deve utilizar equipamentos de proteção individuais (EPIs) completos em função das partículas que são liberadas causarem irritações na pele, olhos e aparelho respiratório. Além dos solventes e resinas utilizados em seu processo de fabricação serem extremamente tóxicos (SANTOS, 2010).

O contato direto com este material causa danos à saúde de diversos organismos presentes no solo, água e ar. Sua disposição final correta é feita em aterro sanitário industrial, porém grande parte deste material é disposto em lixões, aterros controlados ou em outros locais inadequados. Grande parte da população não reconhece os danos que este material pode causar e muitas vezes nem percebe a presença deste em sua residência.

A lã de rocha, conforme Salvador (2001) citado por Catai et al (2006), é composta de fibras originadas de basalto aglomerado com resina sintética. Possui característica de isolante acústico, é incorrosível, não retém água, permite a passagem do ar, não provoca alergias e não é inflamável, entre outras vantagens. A lã de rocha pode ser aplicada em forros, divisórias, em dutos de ar condicionados, em tubulações com baixas, médias e altas temperaturas de 50°C a 750°C.

Para sua fabricação as rochas basálticas são aquecidas com outros minerais à 1500°C. Estes são transformados em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas, permite desde a fabricação de produtos leves e flexíveis até produtos muito rígidos, dependendo do grau de compactação (QUERCUS, 2010).

A Espuma elastomérica é uma espuma de poliuretano poliéster, auto-extinguível. É indicada para acústicas em escritórios, auditórios, salas de treinamento, salas de som, estúdios entre outros. Oferecido no mercado em forma de placas de diversas espessuras e dimensões, é um dos materiais mais fáceis de ser encontrados (CATAI et al, 2006).

Segundo Oliveira et al., (2004) a vermiculita é um mineral da família das micas, de baixa densidade, constituído pela superposição de finas lamínulas que, ao serem submetidas a altas temperaturas (cerca de 1000°C), se expandem até vinte vezes o seu volume original, deixando um grande vazio em seu interior. A vermiculita, dentro da construção civil,

pode ser aplicada em enchimento de pisos, isolamento termo-acústico em divisórias, forros, lajes e paredes, corta - fogo, câmaras a prova de som, câmaras a prova de fogo, rebocos isolantes, entre outros locais.

2.8.2. Inovações ecológicas

A Fibra de coco misturada ao aglomerado de cortiça expandido (Corkoco) apresenta excelentes resultados na absorção de ondas de baixa frequência, dificilmente alcançados por outros materiais. Além de ser um material versátil e indicado para isolamento térmico e acústico, utiliza uma matéria prima natural e renovável (CATAI et al, 2006). A fibra de coco apresenta ótimas características para a indústria: inodora; resistente à umidade e fungos (SENHORAS, 2003).

A Bucha vegetal (*Luffa cylindrica*), vulgarmente conhecida como bucha, é uma planta típica de clima tropical, em regiões com altitude de 900 à 1200 metros, verões suaves com temperaturas de 22° a 25°C, boa ventilação. É abundante na China e Japão (D'ALMEIDA, 2005). A *L. cylindrica* é uma trepadeira de regime anual, perene, da ordem das *Curbubitales* e família das Cucurbitáceas. São rastejantes ou escandentes, podem chegar à 5 metros de comprimento, com folhas grandes, ásperas e verde escuras, que lembram a forma de uma mão aberta. Esta planta produz grandes flores amareladas, dentadas e recobertas de pelos finos (PEDRO et al., 2012). Seu fruto pode chegar até 50 cm de comprimento, é cilíndrico, amarelo quando maduro e castanho quando seco. Prefere solo agilo-arenoso, fértil, bem drenado e com pouca acidez. Seu plantio é feito na primavera (OLIVEIRA, 2005).

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de bucha vegetal do país (EMBRAPA, 2013). Os maiores produtores de bucha vegetal do Estado são os Municípios de Bonfim (Região Metalúrgica), Cipotânea (Zona da Mata) e Inconfidentes (Sul do Estado), (EMATER, 2002). Muito comum o cultivo e utilização desta planta para confecção de esponjas de banho para fins lucrativos na região. A fibra da *Luffa cylindrica* é muito utilizada para a confecção de chinelos, esponjas de banho, palmilhas de sapatos, artesanato (OLIVEIRA, 2005), tratamento acústico, acabamentos arquitetônicos em geral, artesanato, produtos medicinais, e até para consumo humano, quando o fruto ainda é jovem (PEDRO et al., 2012).

As propriedades eficientes desses materiais incluem o fato das fibras serem biodegradáveis, serem um recurso natural renovável e que geralmente possui baixo custo de produção e ambiental, menor desgaste nos equipamentos de fabricação quando comparadas com as fibras sintéticas. Assim, contribuem para o Desenvolvimento Sustentável, por serem

um produto de proveniência natural, e poluïrem muito menos o meio ambiente, podendo conseguir o selo verde como garantia.

2.9. DIVISÓRIA DE EUCATEX®

A matéria prima da divisória de Eucatex® é a madeira de Eucalipto. As divisórias do tipo colmeia utilizadas no trabalho possuem dois compartimentos de Eucatex® bem resistentes com acabamento feito com capas de eucaplac, e o centro de papelão em formato de colmeia.

As divisórias de Eucatex® do modelo colmeia não possuem propriedades de tratamento sonoro, apenas conseguem absorver parte de impactos. Porém são muito utilizadas para separar compartimentos que muitas vezes possuem grande fluxo de pessoas e alto índice de ruídos. A utilização deste material ajuda a gerenciar e separar melhor um determinado espaço, porém não evita que um ruído desconfortável atravesse o compartimento e atinja mais indivíduos, apenas atenua pequena parte do ruído, fazendo com que este fique mais fraco.

2.10. VALORAÇÃO AMBIENTAL

Há a necessidade do reconhecimento das externalidades ambientais do processo produtivo e a necessidade de internalização econômica desses efeitos, já que os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido computados nos processos produtivos (MÉRICO, 1996).

A importância dos métodos de valoração ambiental decorre não só da necessidade de dimensionar impactos ambientais, internalizando-os à economia, mas também da necessidade de evidenciar custos e benefícios decorrentes da expansão da atividade humana que geram impactos negativos ao meio ambiente. Mas para o presente estudo primordial para indicar a viabilidade da incorporação da fibra de Bucha vegetal (*Luffa Cylindrica*) na divisória de Eucatex®.

Os impactos ambientais negativos resultam da ação do ser humano em relação aos mecanismos geradores das riquezas em ambientes naturais que ele pretende utilizar, seja visando o lucro, ou simplesmente por descaso ou ignorância.

Há vários métodos para se valorar um processo, como a análise do Ciclo de vida, Emergia e outros. Porém, o método mais indicado é a Emergia. O método de avaliação

ambiental em Emergia consiste em converter e quantificar toda a energia gasta em um processo para a fabricação cada processo.

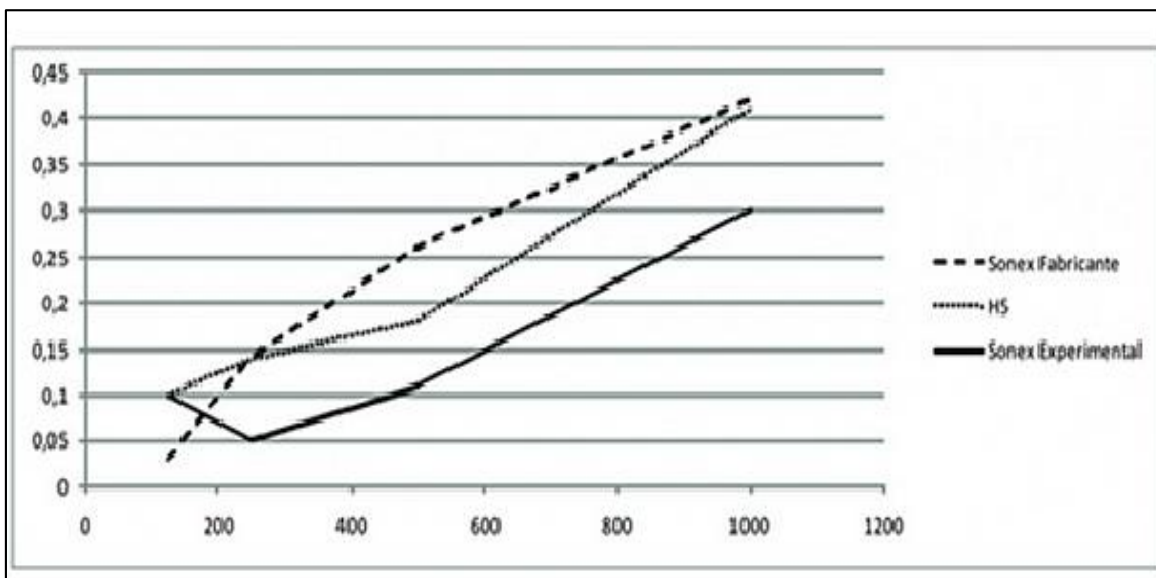
2.11. RESULTADOS DE ESTUDOS RELACIONADOS

Outa (2014), determinou o potencial de absorção acústica da fibra de cana de açúcar, confeccionando 5 (cinco) amostras com densidades distintas, espessuras de 3 e 4cm, cola sintética e cola branca em tubos de impedância. Obteve como melhor resultado a amostra que apresentou menor quantidade de cola branca, e apresentou maior absorção em baixas frequências. Comparados à placa de madeira de 1cm e bloco de concreto pintado, todas as amostras apresentam maior absorção de que estes materiais.

Albuquerque et al., (2014), determinou o percentual de absorção acústica em 2 (dois) tipo de fibra de coco (trituradas e em fios) com densidades e espessuras distintas, em tubo de impedância. Onde obteve melhores resultados nas amostras com maior densidade e fibras trituradas, onde o percentual de retenção da manta chegou à 40% em frequência ótima. Na comparação com os resultados do SONEX, a fibra de coco foi superior em baixas frequências e próximas em altas frequências, como é possível ver na Figura 4 a seguir:

Figura 4: Comparação da melhor amostra de fibra de coco com 2 (duas) amostras de SONEX diferentes.

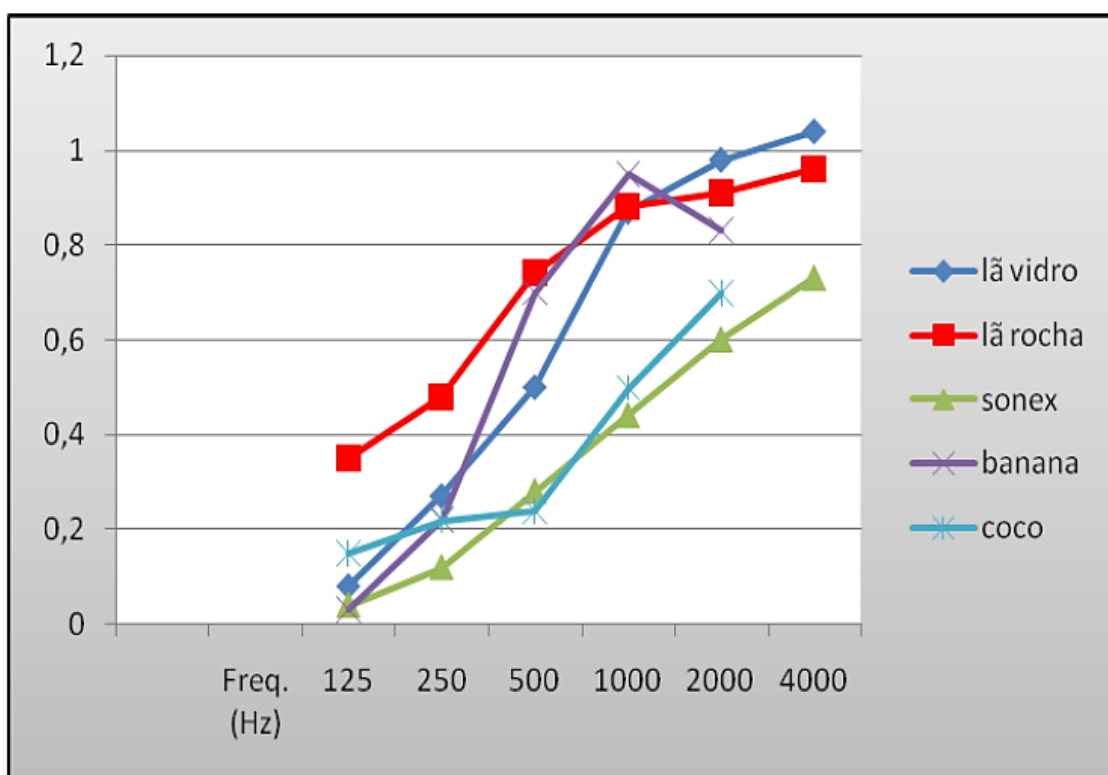
Fonte: ABUQUERQUE et al., (2014)



Demarchi (2010), em um estudo testando o potencial de absorção acústica em manta vegetal confeccionada com fibra de pseudocaule de bananeira com massa específica distintas em espessuras de 2 e 5cm, utilizando o método de tubo de impedância. Obteve melhor resultado nas amostras com maior massa específica, e espessura de 5cm, alcançou o melhor desempenho em absorção acústica em relação às outras amostras. Quando comparada à lã de vidro, lã de rocha, espuma sonex e fibra de coco pelo próprio autor com resultados de absorção de Bistafa (2006), na frequência de 1000Hz o valor da fibra de pseudocaule da Bananeira superou os valores de todos os materiais comparados, e no geral a fibra do pseudocaule da bananeira obteve resultado bem parecidos com o das fibras comparadas, conforme mostra a Figura 5 a seguir:

Figura 5: Variação da absorção sonora em função da frequência para os diferentes materiais.

Fonte: DEMARCHI (2010).



Estes resultados sustentam a hipótese de que a fibra de origem vegetal pode ser utilizada em tratamentos acústicos e até chegar a substituir materiais sintéticos em alguns casos. Obs.: Em ambos os estudos, foram incididas e mensuradas frequências em Hertz, e no presente trabalho será feita a incidência de uma fonte de ruídos, e será feita a medição em decibéis.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Perícia, localizado no Centro de Procedimentos Ambientais (CPA) localizado na Fazenda do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, que se localiza nas seguintes coordenadas: 22°18'40.5"S 46°19'48.1"W.

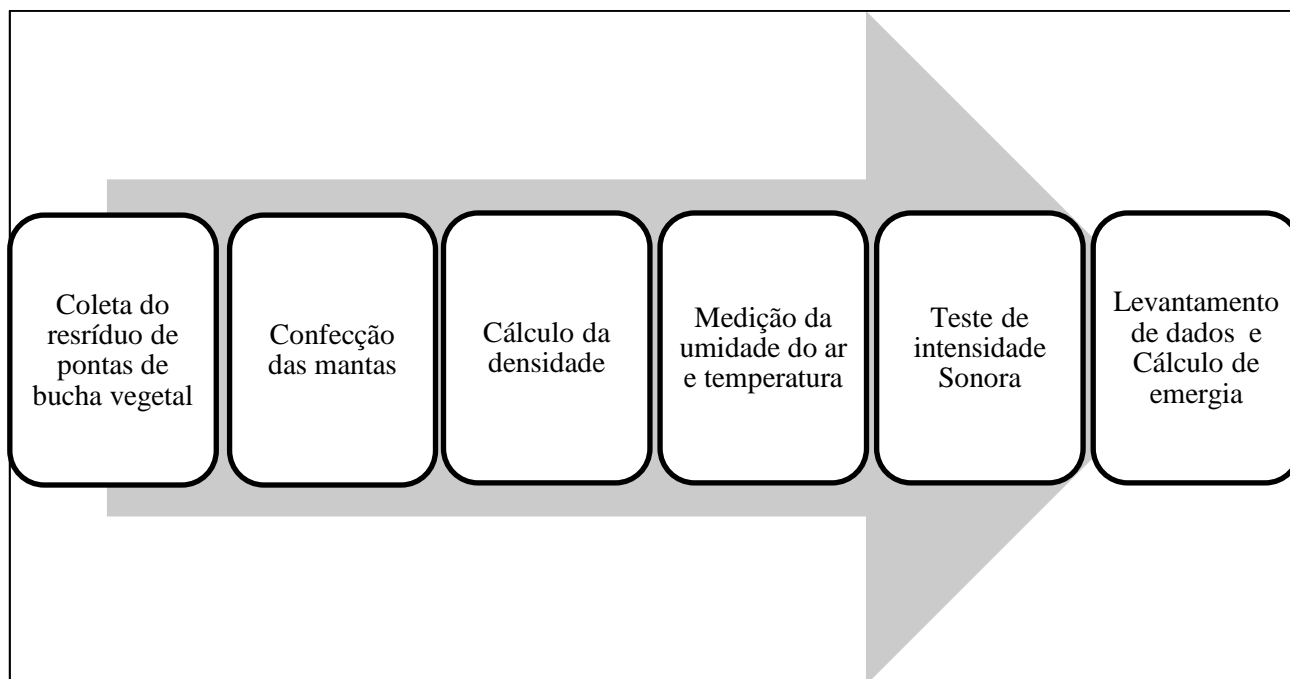
A Matéria Prima utilizada para o experimento foi o resíduo (pontas) da Bucha Vegetal (*Luffa cylindrica*) descascada e processada numa pequena fábrica de confecção de esponjas de banho localizada no Município de Inconfidentes. Após a coleta, o resíduo foi enviado e triturado em um moinho, no setor Bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

O delineamento experimental utilizado para os testes foi o delineamento inteiramente casualizado.

Partes do experimento foram executadas de acordo com alguns métodos utilizados por Demarchi, 2010, com adaptações e incrementos.

A sequência das etapas de execução do experimento estão listadas no organograma expresso na Figura 6 a seguir:

Figura 6: Organograma indicando a seqüência de realização de cada etapa da metodologia do presente trabalho.



3.1. EQUIPAMENTOS

Para o processamento do material utilizado para confeccionar as mantas foi utilizado um triturador de grãos da marca Nogueira n3, com ciclone de 10 cavalos, trifásico, localizado no setor bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, como mostra a Figura 7, expressa a seguir.

Figura 7: Triturador de grãos utilizado para moagem da fibra de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*)



Para a confecção das mantas foi confeccionada uma prensa de madeira no setor marcenaria do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, como mostra a Figura 8, além da utilização de uma balança KNWAAGEN 3200/2 expressa na Figura 9.

Figura 8: Prensa utilizada para compactar as mantas.



Figura 9: Balança utilizada para pesar quantidades de água e cola.



Para o sistema de medição foi projetado um protótipo com o objetivo de criar uma estrutura para mensuração de ruídos. Este protótipo para medição de ruídos é composto de uma caixa de MDF com medidas de 1,30m X 0,22m X 0,24m, como mostra a Figura 10, uma caixa amplificada acústica, um decibímetro (ITDEC 4000/INSTRUTEMP/Sound Level Meter) como mostra a Figura 11, um medidor de temperatura/umidade (ITHT 2220/INSTRUTEMP/Hyoro-Termometer) como mostra a Figura 12, e um celular (MOTO G TV/ 2º Geração/MOTOROLA). A caixa de MDF continha em sua metade uma parte móvel

para fixar as amostras com 5cm de espessura, além dos 4 pontos de coleta situados à 62,5cm das extremidades da caixa.

Figura 10: Protótipo confeccionado para mensuração de ruídos no teste de intensidade.



Figura 11: Decibímetro utilizado para mensurar ruídos.



Figura 12: Medidor de temperatura e humidade utilizado para medir temperatura e humidade do laboratório e do protótipo.



3.2. CONFECÇÃO DAS PLACAS

Para a confecção das mantas foram coletados em uma fábrica de esponjas de banho no centro de Inconfidentes pontas de bucha (que não são utilizadas na produção e geralmente são descartadas juntamente com o lixo).

Após a coleta, as pontas de bucha vegetal foram trituradas no triturador de grãos mencionado anteriormente na Figura 7. Em seguida foi encaminhado ao laboratório de perícia para prensagem do material.

O material (*Luffa cylindrica*) triturado foi disposto na forma da prensa, suspenso e espalhado por toda a extremidade da forma e em seguida adicionou-se de 20 à 30 gramas de cola branca composta de Acetato de Polivinila (não tóxico), com adição de 10 à 20 gramas de água. Em seguida foi colocada mais uma camada de bucha vegetal moída por cima da camada de cola com água. Após este procedimento a prensa era fechada e o material ficava prensado por aproximadamente 48h. Após estas 48h a prensa era aberta para medição da espessura da manta, se a manta apresentava espessura menor que 5cm, o procedimento era repetido até a manta completar 5cm de espessura em média de duas até quatro repetições.

As mantas apresentaram dimensão de 22,0 X 24,5 cm como mostra a Figura 13, e espessura de 5 cm, como mostra a Figura 14, com quantidade de material variando para cada placa, de modo que a manta 1 possuía a menor densidade, e a manta 5, maior densidade.

Figura 13: Mantas de *Luffa cylindrica*.



Figura 14: Medição da espessura de cada manta.



3.3. CÁLCULO DA DENSIDADE

A densidade foi calculada através da seguinte fórmula:

$$D = M \div V$$

Onde:

D= Densidade M= Massa V= Volume

A densidade foi calculada em todas as 5 mantas a testadas. Para o cálculo do volume, utilizou-se a área da manta (22,0 X 24,5cm) multiplicada pela espessura (5cm), chegando ao valor fixo de 2.695cm³. A massa utilizada foi o peso de cada manta, dado em gramas e apresentado na Tabela 1 expressa a seguir:

Tabela 1: Peso de cada Manta confeccionada com fibra de Bucha vegetal (*Luffa cylindrica*).

Variável	Peso
Manta 1	225,04g
Manta 2	238,68g
Manta 3	273,88g
Manta 4	365,44g
Manta 5	414,94g

De acordo com os valores apresentados na tabela anteriormente, a densidade das mantas foram calculadas da seguinte forma:

Manta 1: $D = 225,04g \div 2.695cm^3 = 0,0835g/cm^3$

Manta 2: $D = 238,68g \div 2.695cm^3 = 0,0885g/cm^3$

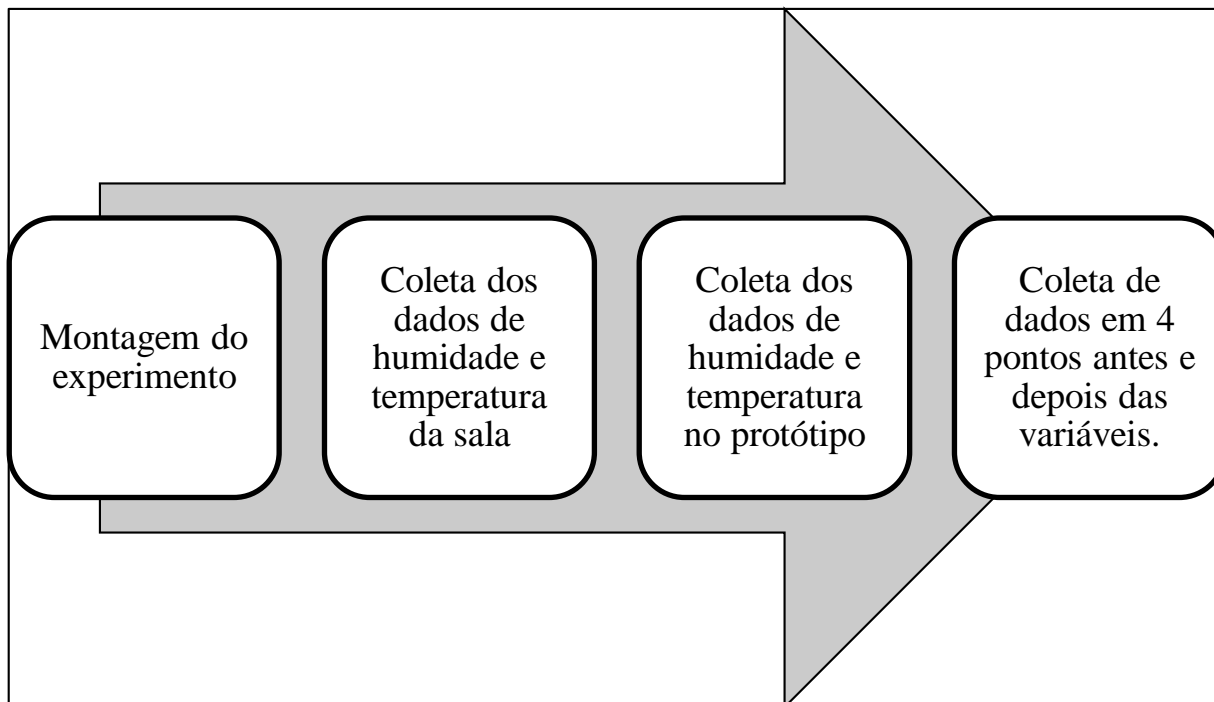
Manta 3: $D = 273,88g \div 2.695cm^3 = 0,1016g/cm^3$

Manta 4: $D = 365,44g \div 2.695cm^3 = 0,1356g/cm^3$

Manta 5: $D = 414,94g \div 2.695cm^3 = 0,1539g/cm^3$

3.4. TESTE DE INTENSIDADE SONORA

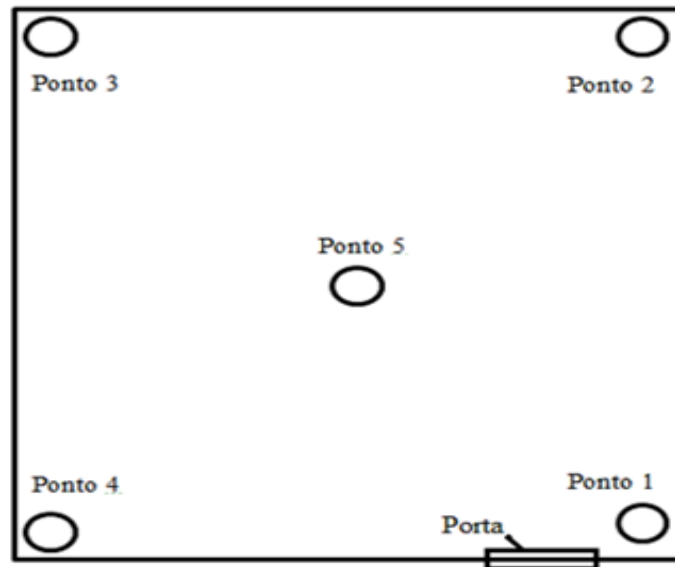
Figura 15: Organograma indicando as etapas executadas para a realização do teste de intensidade sonora.



A caixa de madeira foi confeccionada com dimensões de 0,50m X 1,30m X 0,40m como indica a Figura 17, no setor Marcenaria do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Foi levada ao laboratório de perícia ambiental, onde, em uma extremidade foi colocado uma caixa acústica de 100w para emitir som/ruído onde foram mensurados apenas a intensidade de ruídos com a utilização do decibelímetro nos 4 (quatro) pontos situados no protótipo antes da fixação das amostras e nos 4 (quatro) pontos situados no protótipo depois da fixação das amostras.

Antes de coletar os dados de intensidade sonora, foram coletados dados de temperatura e umidade da sala do laboratório, e na caixa de mensuração de ruídos com o auxílio de um medidor de temperatura e umidade do ar. Na sala do laboratório, foram coletadas 5 (cinco) amostras de temperatura e umidade do ar. Os locais onde se localizaram os pontos de coleta são indicados na Figura 16 disposta a seguir:

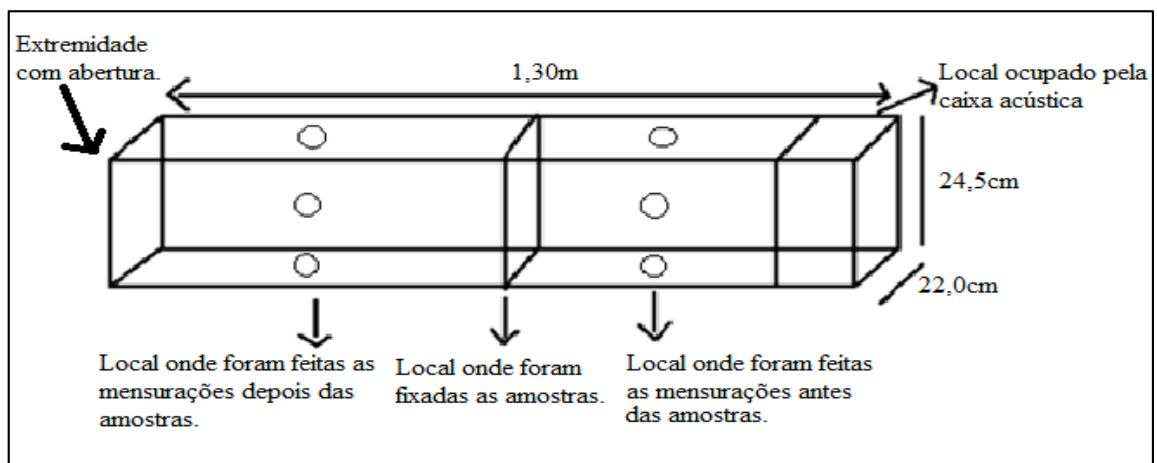
Figura 16: Esboço indicando o local de cada ponto de coleta de temperatura e umidade na sala do laboratório.



Após a coleta de dados de temperatura e umidade de sala, foram coletados dados de temperatura e umidade no protótipo, sendo coletados em 4 (quatro) pontos antes de fixação da amostra e depois da amostra. Assim como a coleta de dados de intensidade de ruídos em Db.

No entanto, os dados de intensidade foram coletados de 7 (sete) variáveis incluindo as 5 mantas com diferentes densidades, a testemunha (sem manta ou material atenuador) e a divisória, tendo 8 (oito) pontos de coleta de dados para cada amostra, 4 (quatro) antes da amostragem e 4 depois da amostragem. Deste modo, foram feitas ao todo 56 coletas de intensidade de ruídos em Db com auxílio de um decibímetro.

Figura17: Croqui que indica a utilização do protótipo para o teste de absorção.



As amostras foram fixadas no meio do protótipo por meio de uma espécie de gaveta, o qual foi detalhado na figura vista anteriormente, aproximadamente 31,25cm das extremidades da caixa.

Foram feitas 3 (três) mensurações nos dias 24, 25 e 26 de fevereiro de 2016. Das quais a terceira foi descartada devido à falta de consistência dos dados, causado por uma possível contaminação dos resultados por sons externos. Assim, calculou-se as médias dos resultados da primeira e segunda mensurações. Em seguida foram comparados com os níveis estabelecidos pela NBR-10.152, sendo que na primeira mensuração não se utilizou os números obtidos da divisória também devido à falta de consistência dos dados causados por uma possível contaminação. Os resultados utilizados em seguida foram convertidos em percentual de retenção submetidos à análise de variância em delineamento inteiramente casualizado (DIC) pelo teste de Tukey.

Ainda foi feito o levantamento de informações envolvido em todo o processo produtivo de fabricação das mantas acústicas de fibra de bucha vegetal (*Luffa Cylindrica*) e o cálculo dos resultados do custo ambiental da produção da manta e indicadores de Sustentabilidade, abordado a seguir.

3.5. VALORAÇÃO AMBIENTAL

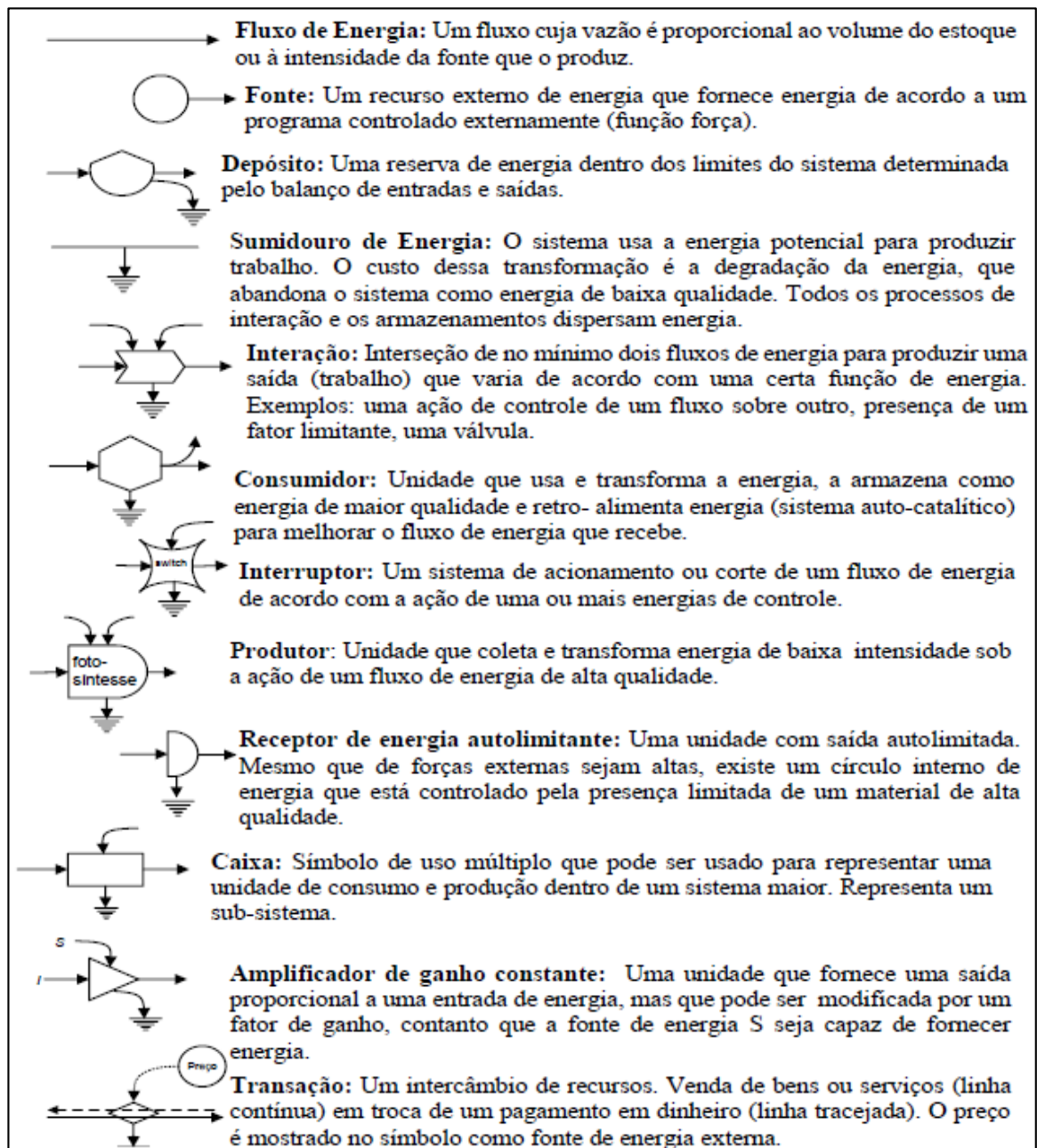
Com o intuito de analisar a viabilidade de produção e o investimento em recursos ambientais necessários à produção da manta de fibra vegetal, foi feito um cálculo de valoração ambiental do processo produtivos da manta confeccionada com a fibra da bucha vegetal. Para fazer este cálculo foi utilizado o método de Emergia. E por meio destes resultados foi possível determinar o custo-benefício da produção das mantas de *Luffa Cylindrica*.

As etapas da contabilidade ambiental em emergia adotadas no trabalho foram:

- I- Elaboração de um diagrama de energia. Este representa os fluxos pertencentes ao sistema estudado, sendo eles: (R) recursos naturais renováveis, (N) recursos naturais não renováveis, e recursos provenientes da economia (F).
- II- Construção do inventário (produtos ou serviços que garantem o desenvolvimento da atividade) que subsidia o diagrama de energia.

Na construção do diagrama são utilizados os símbolos apresentados na Figura 18:

Figura 18: Simbologia utilizada no diagrama em energia. Fonte: Odum (1996).



Os dados foram coletados *in loco*, por meio de medições, análise de documentos, e entrevistas com o proprietário.

Foram feitas visitas à EMATER do município de Inconfidentes, onde um técnico informou como é feito o manejo da *Luffa cylindrica* na lavoura. Utilizou-se como padrão uma lavoura de 0,72ha localizada no Bairro Soledade do Mogi, pertencente ao município de Inconfidentes.

Após o plantio da bucha vegetal, as plantas levam em média 5 meses para a primeira produção, a colheita é feita por 2 produtores trabalhando 8 horas por dia e demora 2

meses aproximadamente para terminar, levando em conta que ao começar a colheita, na lavoura há frutos maduros e frutos que necessitam de mais tempo na lavoura.

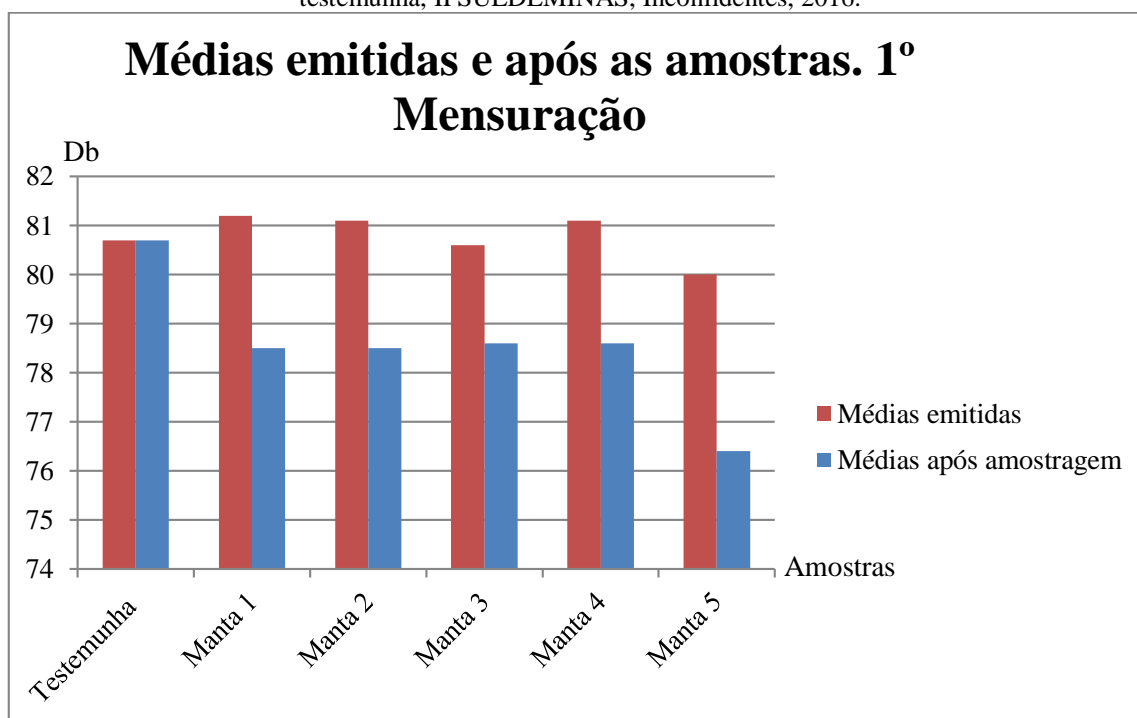
Depois da colheita começa o processamento da bucha vegetal os frutos são colocados de molho em 3 (três) caixas d`agua de 1000 litros por 24 horas para a retirar a mucilagem. Em seguida é colocada para secar em varal de arame durante o dia todo. Depois de seca é batida manualmente em tábua de madeira para ser descascada.

Depois do fruto descascado, o mesmo é encaminhado para a fabricação de esponjas de banho. Na fábrica visitada, que se localiza no centro do município de Inconfidentes, o processamento feito é todo manual: O corte é feito com tesoura onde as pontas são separadas e descartadas e as esponjas são empacotadas manualmente com auxílio de um grampeador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

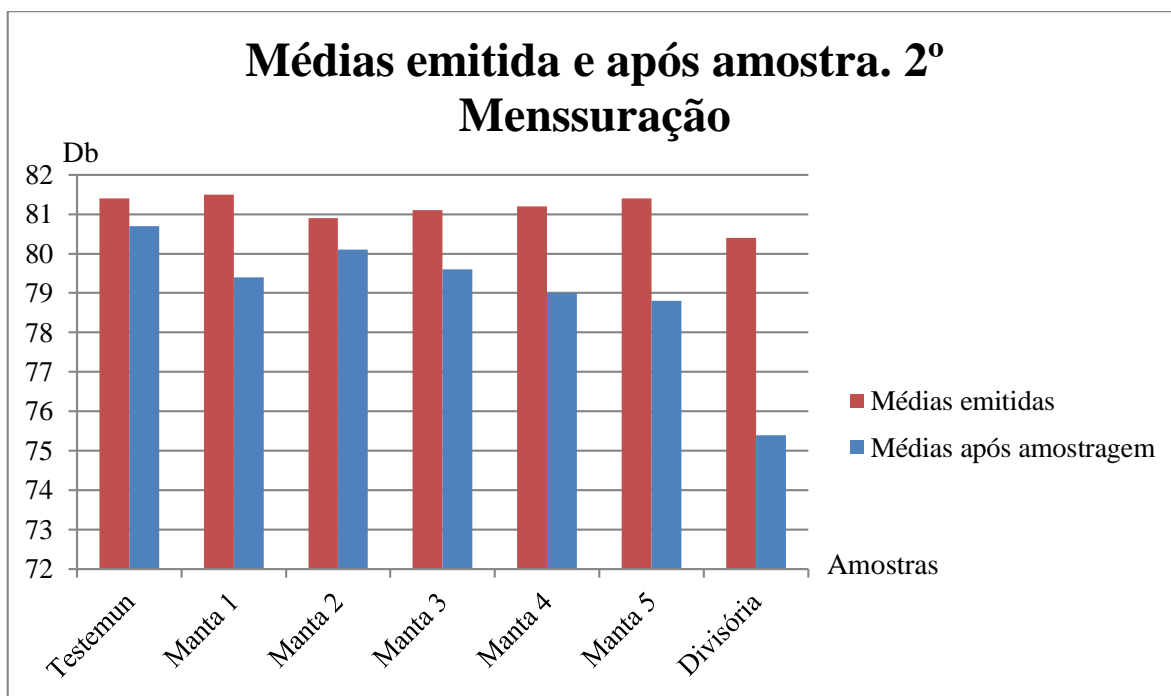
Comparando-se a média dos resultados de cada manta com os resultados da testemunha, na primeira mensuração, onde a temperatura média da sala foi de 24.6°C e umidade média de 90.4%, a temperatura média da caixa foi de 24.8°C e a umidade média da caixa foi de 92.4%, observou-se que os níveis de intensidade da testemunha são superiores aos de todas as outras amostras, ou seja, teve maior índice de ruídos nos pontos depois da amostra. Já a Manta 5 que possui maior densidade, apresentou os menores valores em Db nos quatro pontos de coleta depois da variável como mostra o gráfico expresso na Figura 19 a seguir:

Figura 19: Comparação entre as médias emitidas e atenuadas em Db entre mantas com densidades distintas e testemunha, IFSULDEMINAS, Inconfidentes, 2016.



Os dados obtidos na segunda mensuração onde a temperatura média da sala foi de 27.6°C e umidade média de 73.2%, a temperatura média da caixa foi de 26.2°C e a umidade média da caixa foi de 78.9%, inseriu-se os resultados da divisória, que apresentou os menores valores nos pontos de mensuração situados depois da variável, seguida de Manta 5, como mostra o gráfico expresso na Figura 20 a seguir:

Figura 20: Comparação entre as médias emitidas e atenuadas em Db entre mantas com densidades distintas e divisória de Eucatex®, comparadas com a testemunha IFSULDEMINAS, Inconfidentes, 2016.



Após a confecção dos gráficos vistos anteriormente, os dados foram convertidos em percentual de retenção sonora e foi realizada a análise estatística por meio do cálculo do teste de Tukey. Nos dados convertidos da primeira mensuração foram comparados o percentual de retenção da testemunha com o percentual de retenção das 5 (cinco) mantas, as quais possuem densidades distintas. A Manta 5 obteve o maior percentual de retenção sonora. A Manta 4, que apresentou o segundo maior percentual de retenção. As 5 mantas são estatisticamente iguais quando comparadas com a Testemunha. Porém a Manta 5 foi a única amostragem que apresentou diferença significativa no percentual de retenção. Já a testemunha apresentou o menor percentual de retenção sonora. Como mostra a Tabela 2 expressa a seguir:

Tabela 2 – Comparação entre diferentes mantas, com densidades distintas, na atenuação de som, IFSULDEMINAS 2016.

Nome do Tratamento	% Retenção	5%
Testemunha	0.415997	b
Manta 1	2.822853	ab
Manta 2	3.204062	ab
Manta 3	2.444199	ab
Manta 4	3.154684	ab
Manta 5	4.013531	a

Na segunda mensuração comparou-se os resultados da testemunha com as 5 (cinco) mantas mais a divisória, onde a divisória apresentou o maior percentual de retenção de ruídos. A Manta 5, apresentou o segundo maior percentual de retenção sonora, seguida da Manta 4, estas duas variáveis foram iguais estatisticamente, no entanto, estas são as duas variáveis que apresentaram as maiores densidades. Já as demais mantas obtiveram percentual de retenção sonora menores que da Manta 4 e Manta 5, foram estatisticamente iguais à testemunha. Como mostram a Tabela 3 expressa a seguir:

Tabela 3 – Comparação entre as diferentes mantas com densidades distintas mais a divisória de Eucatex na atenuação de som, IFSULDEMINAS 2016.

Nome do Tratamento	% Retenção	5%
Testemunha	0.865663	b
Manta 1	2.622173	b
Manta 2	1.085912	b
Manta 3	1.666549	b
Manta 4	2.761660	ab
Manta 5	3.066924	ab
Divisória	5.983637	a

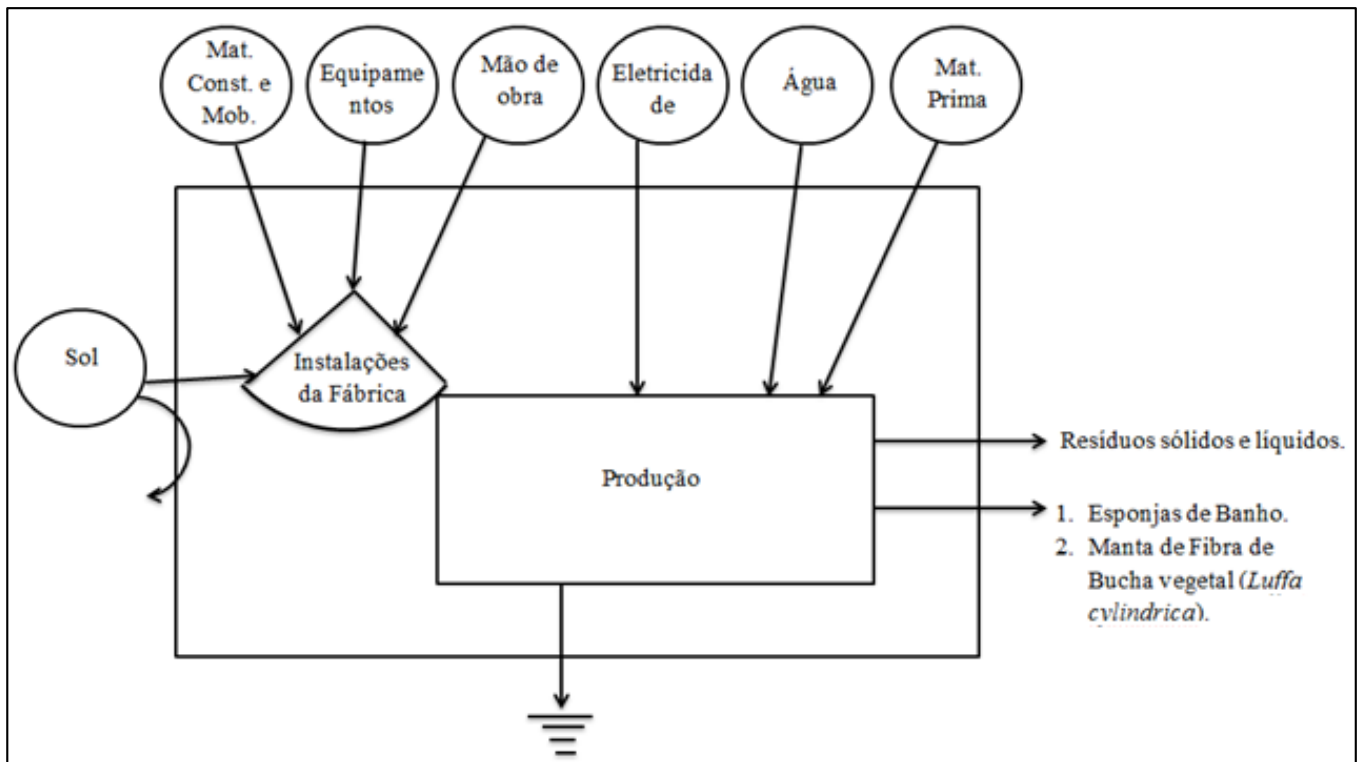
A NBR-10.152 estabelece níveis de ruídos para conforto acústico para laboratórios e salas de aula a média de 40 à 50 Db. Porém no presente trabalho realizado no laboratório de Perícia Ambiental, a média dos níveis de ruídos na primeira mensuração depois das amostragens ultrapassaram os 75 Db, a OMS estabelece como limite de emissão de ruídos, pois nesta intensidade o ruído já causa desconforto acústico. Porém este alto nível de ruídos foi emitido dentro da caixa de teste com a proposta de verificar a capacidade que as mantas e a divisória possuem para atenuar o som, razão pelo qual estes resultados não alcançaram utilização os índices de conforto estabelecidos pela NBR - 10.152.

Na segunda mensuração, todos os valores após as variáveis também ultrapassaram os níveis estabelecidos pela NBR 10.152 (40-50 Db) e também ultrapassaram os 75Db estabelecidos pela OMS, porém a média da divisória foi a que mais se aproximou com 75.2Db.

Com base nos resultados obtidos pelos autores citados no referencial teórico, Albuquerque et al, (2014) e Demarchi, (2010) os dois autores obtiveram melhores resultados na amostra que apresentou maior densidade o presente estudo também apresentou maior desempenho da Manta 5, a de maior densidade.

Em relação à Emergia, com base no diagrama a seguir, é possível ter uma ampla visão do processo abordado, pois facilita a identificação do fluxo de materiais, componentes e interações. Como padrão, as entradas localizadas na parte esquerda do diagrama são considerados recursos naturais renováveis, as entradas localizadas na parte superior do diagrama são considerados recursos naturais não renováveis, porém os recursos localizados na parte superior do lado direito são considerados vindo de economia mais direta. O diagrama do sistema estudado mostra ausência de fluxos de recursos N (não-renováveis). O diagrama expresso na Figura 21 a seguir serve tanto para descrever o processo de fabricação das mantas quanto para a fabricação de esponjas de banho. Os dois processos apresentam predomínio de trabalho manual e pouca utilização maquinário industrial, isso indica pouco gasto com energia elétrica, insumos, materiais e manutenções. A mão de obra se torna uma das principais entradas no sistema, juntamente com a matéria prima.

Figura 21: diagrama de energia do sistema de produção das esponjas de banho e mantas acústicas.



A energia total da produção de bucha vegetal na lavoura, mais a produção de esponjas, mais a produção das mantas acústicas total é de $1,46E+15$ sej/ano em 1 (um) ano, sendo que na etapa de produção da bucha vegetal na lavoura, a energia calculada é de 15,26% da energia total. Na etapa de produção de esponjas de banho, 95,10% da energia total das 3 (três) etapas está no concreto presente no barracão para a confecção de esponjas de banho, 40,02% vem do papel utilizado no empacotamento e 32,93% vem do plástico também utilizado no empacotamento das esponjas. Estes valores indicam que a maior parte da energia calculada está na produção de esponjas de banho. Os valores em energia ligados à produção das mantas acústicas foram os valores de madeira e aço (equipamentos) onde ambos são menores que 1% (um por cento), além da produção das mantas depender basicamente de mão de obra humana e apresentar baixo custo em recursos financeiros (insumos). Isto indica que a produção das mantas acústicas é viável e possui menor custo ambiental que a produção da bucha vegetal na lavoura e do que a produção de esponjas de banho, conforme o inventário expresso na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Inventário dos cálculos de energia envolvidos na lavoura, fabricação de esponjas e confecção das mantas acústicas em 1 (um) ano.

Nota	Descrição	Unidade/ ano	Quantidade (unidade)	UEV	Energia (seJ/ano)	% do total de energia	Referência
Implantação							
1	Concreto	g	1,80E+08	2,58E+09	4,64E+17	95,10%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	5,58E+06	4,15E+09	2,32E+16	4,74%	Buranakarn, 2003
3	Madeira	g	4,73E+03	1,48E+09	7,00E+12	< 1	Buranakarn, 2003
4	Aço (equipamentos)	g	1,80E+05	4,15E+09	7,47E+14	< 1	Buranakarn, 2003
Operação					4,88E+17		
5	irradiação solar	j	5,25E+09	1,00E+00	5,25E+09	< 1	Por definição
6	papel	g	1,54E+05	2,38E+09	3,66E+14	40,02%	Meillaud et al., 2005
7	plástico	g	5,23E+04	5,76E+09	3,01E+14	32,93%	Buranakarn, 2003
8	mão de obra	J	2,43E+07	4,30E+06	1,05E+14	11,43%	Coelho et al, 2002
9	Água	m ³	1,80E+02	7,75E+11	1,40E+14	15,26%	Buranakarn, 2003
10	energia elétrica	J	1,15E+07	2,77E+05	3,19E+12	< 1	Odum, 1996
					9,14E+14		
Energia total					1,46E+15		

5. CONCLUSÕES

As mantas de Fibra de bucha vegetal possuem potencial para serem utilizadas como atenuador de ruídos.

A produção de mantas acústicas com fibra de bucha vegetal é viável ecologicamente, possui um baixo custo ambiental, não necessita mecanização intensa.

A Manta que apresentou o melhor resultado de atenuação foi a Manta 5.

Na 2ª mensuração, as Mantas 4 e 5 apresentaram estatisticamente o mesmo percentual de retenção sonora da Divisória de Eucatex®.

O protótipo utilizado para mensuração de ruídos, não se mostrou a melhor alternativa para coleta de ruídos, já que várias amostras apresentaram contaminação.

6. SUGESTÕES

Sugere-se a possibilidade de utilização da divisória de Eucatex com o interior preenchido de Manta de bucha vegetal (*Luffa cylindrica*).

Mais estudos sobre o percentual de atenuação de som, tanto em intensidade com protótipo ou metodologia diferente do presente trabalho, quanto em frequência.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Izabella Valentim et al. IN 0111 – **DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE ABSORÇÃO SONORA DE AMOSTRAS CONSTITUÍDAS POR DIFERENTES TIPOS DE FIBRA DE COCO ATRAVÉS DE UM TUBO DE IMPEDÂNCIA**. REVISTA INICIAÇÃO CIÊNTÍFICA, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.288-292, 18 jun. 2014. Disponível em: <<http://npa.newtonpaiva.br/iniciacaocientifica/?p=288>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

AMORIM, Adriana; LICARIÃO, Carolina. **CONFORTO ACÚSTICO**. 2005. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Fec/ Unicamp, Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat-apoio_S03_C-Acustico.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2014.

BOLOGNESI, Tatiani de Moraes. **ACÚSTICA E INTERVENÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: MAPEAMENTO DOS RISCOS E ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DO RUÍDO A PARTIR DE PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**. 2008. 76 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Unimep, Santa Bárbara`oeste, 2008. Disponível em: <<https://www.unimep.br/phpg/bibdig/aluno/visualiza.php?cod=649>>. Acesso em: 06 mar. 2016.

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. **MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCESSOS PARA ISOLAMENTO ACÚSTICO**. In: CBECIMAT-CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu. **MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCESSOS PARA ISOLAMENTO ACÚSTICO**. Foz do Iguaçu: Brasil, 2006. v. 1, p. 4205 - 4216.

CONAMA. Constituição (1990). Resolução nº 002, de 08 de março de 1990. **RESOLUÇÃO/CONAMA/N.º 002 DE 08 DE MARÇO DE 1990**. Disponível em: <intranet.df.sebrae.com.br/.../Resoluções do Conama/.../RESOLUÇÃO>. Acesso em: 04 mar. 2016.

D'ALMEIDA, Ana L. F. S.; CALADO, Verônica; BARRETO, Daniel W.. **ACETILAÇÃO DA FIBRA DE BUCHA (LUFFA CYLINDRICA)**. Scielo, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p.59-62, jul. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S010414282005000100013&pid=S0104-14282005000100013&pdf_path=po/v15n1/24196.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2015.

DEMARCHI, Carlos Alberto. **APLICABILIDADE DE PLACAS DE FIBRA DE BANANEIRA: CARACTERIZAÇÃO, PRODUÇÃO E ABSORÇÃO SONORA**. 2010. 106 fl. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

FERNANDES, João Cândido. Ruído Ambiental. In: FERNANDES, João Cândido. **ACÚSTICA E RUÍDOS**. Bauru-sp: Unesp, 2005. Cap. 6. p. 48-53.

LAZZARINI, Victor E. P.. **ELEMENTOS DE ACÚSTICA**. Londrina-pr: Universidade Estadual de Londrina, 1998. 47 p. Disponível em: <http://www.fisica.net/ondulatória/elementos_de_acustica.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

LACERDA, Adriana Bender Moreira de et al. **AMBIENTE URBANO E PERCEPÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA**. SCIELO, Curitiba-PR, v. 8, n. 2, p.1-13, jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v8n2/28606.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

MACHADO, Anaxágora Alves. **POLUIÇÃO SONORA COMO CRIME AMBIENTAL**. Disponível em: <http://www.pm.al.gov.br/intra/downloads/bc_meio_ambiente/meio_04.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

MATEUS, Diogo. **ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS E CONTROLE DE RUIDOS**. Coimbra: Porto, 2008. 82 p. Disponível em:

<<http://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

MATTOS, Katty Maria da Costa. **VALORAÇÃO AMBIENTAL NO PROCESSO PRODUTIVO**. 2012. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Usp, São Carlos, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART500.pdf>. Acesso em: 06 set. 2015.

OLIVEIRA, Ethel Caires de; TEODORO, Elias Bitencourt. **AValiação DO DESEMPENHO ACÚSTICO DA LUFFA CYLINDRICA (BUCHA VEGETAL), POR MEIO DE ANÁLISES EXPERIMENTAIS EM TUBO DE IMPEDÂNCIA**. In: POSMEC - SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 15., 2005, Uberlândia. **AValiação DO DESEMPENHO ACÚSTICO DA LUFFA CYLINDRICA (BUCHA VEGETAL), POR MEIO DE ANÁLISES EXPERIMENTAIS EM TUBO DE IMPEDÂNCIA**. Uberlândia: Femec, 2005. v. 1, p. 1 - 7. Disponível em: <<http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/15/pdf/POSMEC058.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

OUTA, Roberto. **ESTUDO E ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO ACÚSTICO DO COMPÓSITO DA FIBRA DA CANA**. 2014. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Unesp, Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/pos-graduacao/roberto-outa_final.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

PEDRO, Gustavo Galvão; RETAMERO, Paula Dias; QUEIROZ, Magda. **UTILIZAÇÃO DA BUCHA VEGETAL (Luffa cylindrica HOEN) NA ALIMENTAÇÃO HUMANA**. 2012. Disponível em: <<http://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/09/MUL-95.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

RUI, Laura Rita. **TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA. A FÍSICA NA AUDIÇÃO HUMANA**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n1_Rui.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.