

Área: Sustentabilidade | Tema: Resíduos e Reciclagem

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM COMPÓSITO A PARTIR DE RESÍDUOS DE GIRASSOL COM
PROPRIEDADES ACÚSTICAS PARA USO INDUSTRIAL: UMA ABORDAGEM PRELIMINAR**

**PROPOSAL FOR THE PREPARATION OF A COMPOSITE FROM SUNFLOWER RESIDUES WITH
ACOUSTIC PROPERTIES FOR INDUSTRIAL USE: A PRELIMINARY APPROACH**

Patrícia Stefan De Carvalho, Cássio Denis De Oliveira e Leandro Cantorski Da Rosa

RESUMO

Devido à crescente demanda por bens e serviços, surge a necessidade de novos materiais, que sejam sustentáveis sob o ponto de vista ecológico, não deixando de ser economicamente viáveis. Este trabalho tem como objetivo a exposição de estudos relacionados à fabricação de compósitos utilizando diferentes resíduos para obtenção de materiais com boas propriedades acústicas. Além disso, objetiva-se ainda, através de uma abordagem preliminar, propor a elaboração de um compósito feito com resíduos de girassol e gesso, explanando as etapas pertinentes à fabricação do mesmo. A pesquisa foi realizada seguindo os conceitos da inovação sustentável, metodologia que visa melhorar os produtos ao considerar os aspectos sociais, ecológicos e econômicos, uma vez que a proposta do trabalho consiste na fabricação de um material renovável, reciclável e de baixo impacto ao meio ambiente.

Palavras-Chave: inovação sustentável resíduos compósito girassol

ABSTRACT

Due to the increasing demand for goods and services, the need arises for new materials, which are ecologically sustainable and economically viable. This work has as objective the exhibition of studies related to the manufacture of composites using different residues to obtain materials with good acoustic properties. In addition, a preliminary approach is proposed to propose the preparation of a composite made with sunflower and gypsum residues, explaining the pertinent steps in the manufacture of the same. The research was carried out following the concepts of sustainable innovation, a methodology that aims to improve products when considering the social, ecological and economic aspects, since the proposal of the work consists in the production of a renewable, recyclable and low impact material to the environment.

Keywords: sustainable innovation waste composite sunflower

Eixo Temático: Resíduos e reciclagem

PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM COMPÓSITO A PARTIR DE RESÍDUOS DE GIRASSOL COM PROPRIEDADES ACÚSTICAS PARA USO INDUSTRIAL: UMA ABORDAGEM PRELIMINAR

PROPOSAL FOR THE PREPARATION OF A COMPOSITE FROM SUNFLOWER RESIDUES WITH ACOUSTIC PROPERTIES FOR INDUSTRIAL USE: A PRELIMINARY APPROACH

RESUMO

Devido à crescente demanda por bens e serviços, surge a necessidade de novos materiais, que sejam sustentáveis sob o ponto de vista ecológico, não deixando de ser economicamente viáveis. Este trabalho tem como objetivo a exposição de estudos relacionados à fabricação de compósitos utilizando diferentes resíduos para obtenção de materiais com boas propriedades acústicas. Além disso, objetiva-se ainda, através de uma abordagem preliminar, propor a elaboração de um compósito feito com resíduos de girassol e gesso, explanando as etapas pertinentes à fabricação do mesmo. A pesquisa foi realizada seguindo os conceitos da inovação sustentável, metodologia que visa melhorar os produtos ao considerar os aspectos sociais, ecológicos e econômicos, uma vez que a proposta do trabalho consiste na fabricação de um material renovável, reciclável e de baixo impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: inovação sustentável, resíduos, compósito, girassol.

ABSTRACT

Due to the increasing demand for goods and services, the need arises for new materials, which are ecologically sustainable and economically viable. This work has as objective the exhibition of studies related to the manufacture of composites using different residues to obtain materials with good acoustic properties. In addition, a preliminary approach is proposed to propose the preparation of a composite made with sunflower and gypsum residues, explaining the pertinent steps in the manufacture of the same. The research was carried out following the concepts of sustainable innovation, a methodology that aims to improve products when considering the social, ecological and economic aspects, since the proposal of the work consists in the production of a renewable, recyclable and low impact material to the environment.

Keywords: sustainable innovation, waste, composite, sunflower.

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global e a exaustão de recursos minerais e da principal fonte de energia – fóssil — exercem uma pressão por inovações no âmbito de um panorama amplo, como também nos detalhes da construção de equipamentos.

O Brasil é um país com tendência para a sustentabilidade, considerando suas reservas naturais e sua biodiversidade, apresentando grande potencial de contribuição para as mudanças climáticas (PINSKY, KRUGLIANSKAS, 2017). Dessa forma, é necessário salientar a participação da inovação sustentável neste trabalho, conforme apresentado por Roy (2016), que envolve desenvolver funções, usando sistemas/serviços otimizados, levando em conta a sustentabilidade socioeconômica.

A sociedade está começando a reconhecer que os recursos contidos nos resíduos devem ser recuperados e utilizados tanto quanto possível (COSSU, WILLIAMS, 2015). Para os autores, existem vários motivos para isso, como a preocupação com o aumento do consumo global de recursos não renováveis, escassez progressiva de matérias-primas primárias, redução do espaço disponível para disposição final de resíduos, necessidade de redução de quantidade e volume de resíduos gerados, entre outros.

Nesse contexto, ao longo das últimas décadas, as preocupações ambientais crescentes provocaram um aumento da pesquisa pela comunidade científica para desenvolver biocompósitos de fibras naturais (MATHIAS, et al., 2015). Concomitante a este fator, a demanda por melhores materiais isolantes de ruído está aumentando (PATNAIK, et al., 2015). Sendo assim, o desenvolvimento de um material com bom desempenho acústico sob o ponto de vista ambiental seria de grande valia no âmbito industrial, uma vez que estaria aliado à qualidade de vida com práticas sustentáveis. É importante frisar que a causa mais comum de perda da audição se deve à exposição prolongada a níveis de ruído elevados nos ambientes de trabalho (BISTAFA, 2006).

A pesquisa sobre o desenvolvimento de materiais absorventes de som em bandas de frequência específicas ou amplas tornou-se um segmento importante no campo da acústica (SILVA; MAREZE; BRANDÃO, 2016). Muitos trabalhos tendo como foco o desenvolvimento de meios alternativos de isolamento acústico foram estudados. No trabalho realizado por D'Amore et al. (2017), foi elaborado uma espuma inovadora para uso em isolamento acústico produzida com lixo de vidro. Shi et al. (2017) sintetizaram nanotubos de sílica oca e incorporaram na resina epóxi para preparar nanocompósitos, e estudaram o desempenho acústico dos mesmos. Piégay et al. (2018) estudaram lãs vegetais, no caso a lã de linho e lã de cânhamo, quanto ao comportamento acústico.

Estudos empregando a fibra de coco como material alternativo no controle de ruído vem sendo elaborados. Fouladi et al. (2010) estudaram o aumento da absorção acústica de estruturas multicamadas construídas por fibra de coco, através da adição de placa perfurada e lacunas de ar. Fouladi, Ayub e Nor (2011), investigaram a absorção acústica da fibra de coco de amostras frescas naturais e fibras preparadas industrialmente misturadas com aglutinante. Huang et al. (2013) pesquisaram a absorção do som, o isolamento térmico e o desempenho da resistência ao fogo de uma placa composta de fibra de coco e pet.

No que tange ao girassol, conforme dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), o Mato Grosso é o estado brasileiro maior produtor de girassol do país, sendo que na safra de 2017, registrou-se um aumento de aproximadamente 24,2% na área plantada em relação à safra anterior, passando de 25,6 mil hectares para 31,8 mil. A produção foi estimada em 50,1 mil toneladas, volume 40,7% maior do que as 35,6 mil toneladas da safra anterior (CONAB, 2017).

Os subprodutos de girassol são de interesse porque não são explorados. Sua composição permite uma extração de baixo impacto no solo e as biorrefinarias de oleaginosas

podem alcançar uma maior viabilidade econômica vendendo esses subprodutos (MATHIAS, et al., 2015). Para Sun et al. (2013), a flor do girassol é claramente a parte útil da planta pelas sementes, e uma vez que o interesse está voltado para a mesma, não há uso industrial dos talos triturados após a sua colheita. No entanto, estas hastes podem apresentar propriedades mecânicas favoráveis (da casca), além disso, os autores sugerem ainda que a medula do caule apresente boas propriedades de isolamento térmico, o que instiga a presente pesquisa referente ao uso do talo na fabricação de um compósito para isolamento acústico.

Com base nesse princípio, o girassol é uma planta de fácil acesso no Brasil, com grande quantidade de resíduos após a colheita, tendo em vista que o interesse pelo cultivo da mesma se dá apenas pela semente. Dessa forma, objetiva-se apresentar trabalhos já realizados empregando o uso de matérias-primas renováveis na fabricação de compósitos com propriedades acústicas, para futura comparação com o material proposto. E ainda, seguindo as práticas da inovação sustentável e através de uma abordagem preliminar, propor a elaboração de um material desenvolvido a partir de resíduos da cultura do girassol e gesso, bem como os procedimentos necessários à elaboração do mesmo, proporcionando uma alternativa ao mercado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção será evidenciada uma breve exposição sobre inovação sustentável, aproveitamento de resíduos agrícolas, acústica e ruídos, girassol e gesso.

2.1 INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL

A inovação sustentável é uma ferramenta que pode contribuir para a renovação de todo o sistema de inovação, levando em consideração os aspectos sociais, ecológicos e econômicos (HERMOSILLA et al., 2010).

Desde o início da revolução industrial, o carvão e o petróleo têm sido as fontes principais de energia e matérias primas de novos produtos necessários ao incremento de qualidade de vida que a humanidade desfrutou desde então. Desde o final do século passado já se previu dois fatores preocupantes nesse cenário: a exaustão das fontes de materiais e combustíveis de origem fóssil, o aumento da população mundial e a melhoria das condições de vida de grande parte da população mundial (RANDERS, 2012; HUISING et al, 2015).

O consumo de materiais de origem fóssil supera a capacidade de reposição, o que exerce uma pressão para se encontrar substitutivos capazes de recuperar o equilíbrio desfeito. Torna-se necessário, então, acelerar a transição para uma sociedade sustentável e pós-fóssil (INGRAO et al., 2016) e para uma economia baseada na utilização de materiais biológicos, o que Golden e Hanfield (2014) chamam de bio-economia.

Essa transição exige inovações que cabe aos diversos ramos da engenharia promover. A inovação sustentável, envolve um escopo mais amplo, ao considerar não só o produto em si, mas todo o sistema produto-serviço, no qual está inserido. Assim sendo, é imprescindível a pesquisa por novos materiais originalmente projetados para diversos fins, fabricados com materiais renováveis, recicláveis e de baixo impacto ao meio ambiente (ROY, 2016).

Seguindo o contexto da inovação, o manual de OSLO (2005), definiu quatro tipos de inovações que abrangem mudanças nas atividades das empresas, envolvendo os seguintes segmentos: produto, processo, organização e marketing.

2.2 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Para Viana e Cruz (2016), um dos principais entraves para a ascensão das atividades agrícolas no Brasil, além da falta de incentivo aos pequenos produtores e a escassez de políticas públicas mais eficientes voltadas para o dinamismo das ações desse setor, é a falta de uma logística e infraestrutura adequada para o escoamento dos produtos, que a cada dia ganha maior importância dentro das empresas. Concomitante a isso, outra problemática relacionada à agroindústria brasileira é a grande quantidade de resíduos gerados durante o processamento/beneficiamento de seus produtos. Na maioria dos casos, esses resíduos não são tratados e apresentam uma disposição ambientalmente inadequada, com potenciais ricos de contaminação dos solos e águas.

São múltiplos os estudos relacionados ao aproveitamento e reciclagem de resíduos agroindustriais. Muitos deles consistem na elaboração de compósitos à base de resíduos, usados em diferentes fins. Rosa et al. (2015) obtiveram diferentes placas para isolamento térmico em coletor solar, utilizando casca de arroz, talo de girassol, gesso e tecido de juta, testando seu desempenho e compararam seu desempenho com a lã de vidro, obtendo bons resultados, comprovando ser uma alternativa viável na substituição de materiais convencionais.

Na pesquisa de Ayrimis, Kaymakci e Ozdemir (2012), foi estudado o uso da semente de girassol (resíduo após a extração do óleo) como enchimento de reforço em compósitos termoplásticos de polipropileno. Naymakci et al. (2013), investigaram a estabilidade dimensional e o desempenho mecânico de compósitos termoplásticos de polipropileno e farinha de talo de girassol, resíduo da cultura após a colheita.

Kocaman, Sisman e Gezer (2011), usaram casca de arroz, talo de girassol, cimento e gesso, na elaboração de compósito para fins de isolamento térmico em edifícios rurais.

Adamy, Rosa e Rosa (2016), compararam diferentes compósitos tendo como base o talo de girassol, quanto suas propriedades isolantes em relação aos requisitos de desempenho térmico mínimo estabelecidos na norma ABNT NBR 15575-4:2013. Nesse estudo, foram comparados doze compósitos obtidos em pesquisas anteriores, constatando que todos poderiam ser usados em aplicações na função de isolamento térmico em edificações no Brasil, sustentando que o desenvolvimento de compósitos a base de resíduos agrícolas têm um futuro promissor para uso como isolante térmico.

2.3 ACÚSTICA E RUÍDOS

O som é originado por uma vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido, e quando essa vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada de vibração sonora (SALIBA, 2016). Para o autor, o ruído e o barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som. O termo ruído consiste em um som (sensação produzida no sistema auditivo) indesejável e sem harmonia, que no geral, possui uma conotação negativa (BISTAFA, 2006).

O ruído, o calor, vibrações, pressões, radiações entre outros, são considerados estressores ambientais encontrados em vários locais de trabalho. Os trabalhadores, por estarem expostos a estes agentes, sofrem uma série de efeitos sobre a saúde e bem estar. O ruído está presente nos mais diversos ramos de atividades e sabe-se que os trabalhadores expostos ao mesmo podem apresentar dentre outras alterações, a perda auditiva e o zumbido (BOGER, BARRETO, 2015).

A mecanização e industrialização, juntamente com a população em crescimento, tendem a aumentar a quantidade de ruído gerado e conseqüentemente o número de pessoas expostas a ela, acarretando em uma série de efeitos negativos às mesmas, afetando a

qualidade de vida, principalmente em lugares menos desenvolvidos com políticas de gerenciamento de ruído ambiental menos desenvolvidas (FAHY, WALKER, 2004).

Os meios de proteção usados atualmente são o enclausuramento, cabine, e envoltório acústico. Para Beranek e Vér (2006), o enclausuramento acústico é uma estrutura que protege o meio ambiente de uma fonte emissora de ruído (geralmente uma máquina). As cabines são estruturas totalmente envolventes especificamente projetadas para proteger um ser humano do ruído ambiental, podendo ser um operador de uma máquina barulhenta ou um supervisor de uma operação de fabricação. Os envoltórios são estruturas acústicas que envolvem a caixa de máquinas, válvulas e tubulações conectadas para fornecer um alto grau de redução de ruído em altas frequências.

2.3.1 Ensaios

A perda na transmissão é determinada experimentalmente através de um ensaio normalizado. Esse ensaio consiste em testar uma parede, instalando-a como divisória entre duas câmaras reverberantes (sala da fonte e sala de recepção), onde a perda na transmissão é obtida medindo-se o nível de pressão na sala da fonte e na sala de recepção, bem como o tempo de reverberação da sala de recepção, conforme Figura 1 (BISTAFA, 2006).

Figura 1 – Parede instalada entre duas câmaras reverberantes

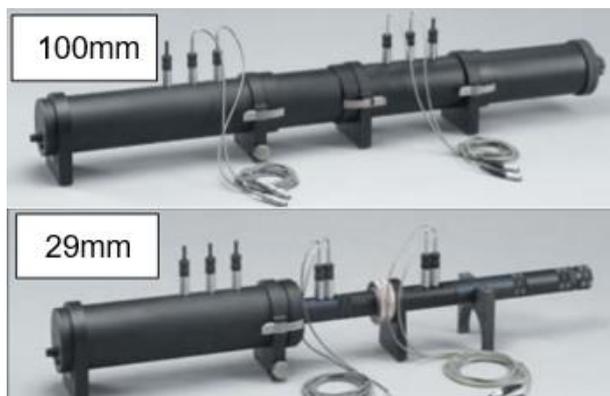


Fonte: Bistafa (2006, p. 272).

Outro ensaio é o teste em tubo de impedância (Figura 2), consiste no uso de um tubo, quatro microfones e um sistema de análise de frequência digital para a medição da perda de transmissão de incidente normal e outras propriedades acústicas importantes de materiais pela determinação da matriz de transferência acústica (ASTM, 2009).

No teste ASTM E2611-09, os dados para os cálculos são obtidos a partir de medições de pressão sonora dos microfones, dois posicionados entre a fonte de som e a amostra, e dois posicionados no lado oposto da amostra, e tubo com diâmetro interno de 100 mm ou 29 mm (ALLAN et al., 2012).

Figura 2 – Tubos de impedância de 100 mm e 29 mm de diâmetro interno



Fonte: Allan et al. (2012, p. 313).

Barnard et al. (2004) indicam o teste em tubo de impedância como uma alternativa ao método em câmaras reverberantes, pois este ensaio pode corresponder às especificações de baixo custo e amostras de tamanho menor.

2.3.2 Materiais utilizados na acústica

No recente estudo de Pedroso, Brito e Silvestre (2017), através de uma revisão, foram listados os materiais comumente utilizados e os materiais alternativos usados no controle de ruído. A Tabela 1 apresenta esses resultados para os materiais usuais empregados na absorção sonora, juntamente com o coeficiente de redução de ruído (NRC), e a energia incorporada (EE). O NRC é um número que consiste na capacidade de absorção sonora de um material, sendo útil em uma primeira análise comparativa entre diferentes materiais (BISTAFA, 2006).

Tabela 1 - Materiais normalmente usados na absorção sonora

Descrição	Espessura [mm]	Densidade [kg/m ³]	NRC	EE [MJ/kg]
Espuma de poliuretano	50	30	0,67	135
Lã de rocha	50	80	0,64	20
Lã de vidro	50	50	0,68	35
Poliestireno expandido	50	28	0,50	125
Poliestireno extrudado	50	25	0,33	130

Fonte: Pedroso, Brito e Silvestre (2017, p. 224).

A Tabela 2 consiste nos materiais tradicionais usados no isolamento acústico, e por isso, não possui o NRC.

Tabela 2 - Materiais tradicionais usados no isolamento acústico

Descrição	Espessura [mm]	Densidade [kg/m ³]	EE [MJ/kg]
Argamassa de alvenaria	20	1.900	1,52
Tijolo oco argilado	Varia	1.200	3
Bloco de concreto de agregados leves	Varia	1.100	5
Bloco de concreto celular autoclavado	Varia	500	4
Concreto	Varia	2.400	1,5
Placa de gesso	12.5	900	5

Fonte: Pedroso, Brito e Silvestre (2017, p. 224).

Dentre os materiais usuais está o gesso, cada vez mais utilizado como material de isolamento acústico devido às suas propriedades, porém, são poucos os trabalhos de pesquisa que investigam diretamente os efeitos das modificações de sua microestrutura no isolamento acústico (ELKHESSAIMI, DOYEN, SMITH, 2017).

2.4 GIRASSOL E GESSO

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma dicotiledônea anual da família *Compositae*, originária do continente Norte Americano, sendo uma oleaginosa que apresenta características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil (CASTRO, et al., 1996). Os autores relatam que, em média, além de 400 kg de óleo, para cada tonelada de grão, são produzidas 250 kg de casca e 350 kg de torta, com 45% a 50% de proteína bruta, sendo basicamente aproveitadas na produção de ração, em misturas com outras fontes de proteína.

Até 2005, o cultivo do girassol basicamente era voltado à produção de aquênios (sementes) para alimentação de pássaros, produção de óleo comestível e ração para animais, quando então a cultura despertou o interesse de agricultores, técnicos e empresas devido à possibilidade de utilizar o óleo na fabricação de biodiesel (BACKES, et al., 2008). Souza et al. (2015) reforçam essa ideia, relatando que o girassol é uma espécie que tem apresentado no Brasil expansão de área de cultivo.

O girassol pode ser distinguido das outras plantas pelo tamanho e colorido da sua flor. A altura, diâmetro da cabeça, tamanho do aquênio (semente), e dias para o florescimento variam muito, dependendo do ambiente em que as plantas de girassol são plantadas. Aquênios são utilizados para o óleo comestível, ração para aves, e como um produto comestível para as pessoas, podendo ser usado como forragem para animais, além da flor ser usada na floricultura, devido à sua estética, cor e estrutura das pétalas (SEILER, 1997).

O caule do girassol é ereto, geralmente não ramificado, com altura variando entre 1,0 a 2,5 m, com cerca de 20 a 40 folhas por planta. No capítulo se desenvolvem os grãos, denominados aquênios. Nos genótipos comerciais, o peso de 1000 aquênios varia de 30 a 60 g e o número mais frequente de aquênios pode variar entre 800 e 1700 por capítulo (CASTRO, et al., 1996).

Marechal e Rigal (1999) relataram em seu trabalho que a parte externa da haste de girassol (*bark*), de cor marrom, é fibrosa e representa 90% do peso seco do total do caule, já a parte interna (*pith*), tem alto teor de pectina e baixos níveis de hemiceluloses e lignina (Figura 3).

Figura 3 – Estrutura do caule de girassol



Fonte: Mathias, et al. (2015, p. 8079).

O gesso apresenta excelente propriedade de resistência ao fogo (YU; BROUWERS, 2012). É um material endurecido através de uma reação de hidratação, onde, quando a suspensão líquida reage, cristais sólidos de gesso crescem, restando poucos poros entre os cristais (ASKELAND; WRIGHT, 2014). Os autores relatam que maiores quantidades de água acarretam em mais porosidade, e conseqüentemente reduz a resistência final do gesso.

3 METODOLOGIA

Através de uma abordagem preliminar, propõe-se elaborar um material compósito com propriedades acústicas para uso na indústria, esperando que o mesmo apresente a absorção sonora característica de um material com essa finalidade, usando resíduos da cultura de girassol e gesso, configurando-se como uma pesquisa aplicada, quantitativa, de caráter exploratório e explicativo, valendo-se do método experimental, onde serão fabricados corpos de prova para posterior aplicação de testes para avaliação técnica do material elaborado (GIL, 2010).

A pesquisa será alicerçada pelos preceitos da inovação sustentável, uma vez que a proposta do trabalho consiste na elaboração de um material renovável, reciclável e de baixo impacto ao meio ambiente.

4 RESULTADOS

Diversos trabalhos empregando compósitos para fim de isolamento acústico foram publicados. Araujo et al. (2016), analisaram o desempenho acústico de painéis de gesso incorporados com fibras de celulose, onde também seguiu a ótica do aproveitamento de resíduos ao empregar rejeitos da etapa de branqueamento de uma indústria de papel e celulose.

Em pesquisa para avaliar o coeficiente de absorção sonora de diferentes materiais compósitos, foram construídas placas de cortiça e de fibra têxtil (lã), e placas de diferentes composições de fibras, com espessuras de 3 mm e 10 mm. O estudo evidencia que a espessura dos materiais é um fator crucial que influencia diretamente nas propriedades de absorção do som: quanto mais a espessura do material aumenta, maior sua capacidade de absorver as ondas sonoras em baixas frequências (IASNICU et al., 2015).

Reixach et al. (2015), desenvolveram um estudo usando a biomassa de fibras da poda de laranjeira juntamente com polipropileno para preparar materiais compósitos, concluindo que tais compósitos apresentam bom comportamento das propriedades acústicas contra o som aéreo, mostrando semelhanças com as placas convencionais.

Mati-Baouche et al. (2016) desenvolveram compósitos feitos com talos de girassol triturados e quitosana, onde avaliaram a absorção sonora do material através do tubo de impedância.

A Tabela 3 apresenta alguns materiais alternativos usados na absorção sonora. O estudo de Pedroso, Brito e Silvestre (2017), mostrou que os materiais alternativos em comparação aos usados regularmente na construção possuem boas características de absorção sonora.

Tabela 3 - Materiais alternativos para uso em absorção sonora

Descrição	Espessura [mm]	Densidade [kg/m³]	NRC	EE [MJ/kg]
Aglomerado de borracha reciclada	30	1400	0,52	nd
Aglomerado de rolha expandida	50	105	0,41	4
Esteira de fibras de coco	35	70	0,52	42
Cânhamo	40	40	0,57	40
Celulose	50	28	0,70	19
Fibras têxteis recicladas	50	50	0,95	16
Lã de ovelha	60	25	0,52	29
Lã de madeira aglomerada com cimento	50	470	0,51	28
Linho	35	43	0,71	50
Palha	50	80	0,70	14,5

Fonte: Pedroso, Brito e Silvestre (2017, p. 224).

Rabbi et al. (2014), estudaram os efeitos da aplicação de nanofibras de poliuretano e poliacrilonitrila em camadas não tecidos de poliéster (PET) no comportamento de absorção sonora. Fatima e Mohanty (2011) analisaram as propriedades acústicas da fibra de juta e feltro em termos de coeficiente de absorção sonora normal e perda de transmissão sonora.

4.1 PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DO COMPÓSITO

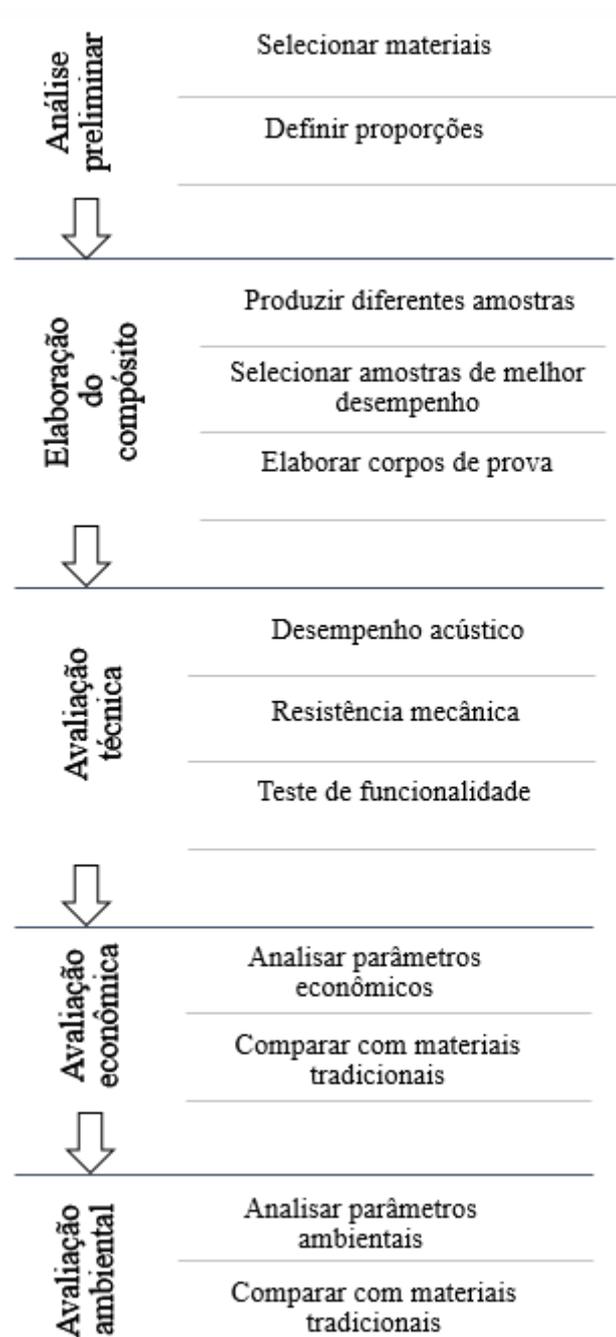
Na elaboração do compósito com resíduos da cultura de girassol e gesso, foram estabelecidas as etapas: análise preliminar, elaboração do compósito, avaliação técnica, avaliação econômica, e avaliação ambiental (Figura 4).

Na análise preliminar serão selecionados os materiais usados e suas proporções.

A avaliação técnica irá compreender a análise de desempenho acústico, testes de resistência mecânica e funcionalidade.

Nas avaliações econômica e ambiental, o desempenho do material será confrontado com materiais tradicionais empregados na acústica.

Figura 4 – Fluxo de etapas para elaboração do compósito



Fonte: Autores (2018).

3 CONCLUSÃO

É bastante evidente a necessidade de projetar, construir e operar novas tecnologias, desenvolver novos materiais, e principalmente, processos que permitam a utilização de matérias primas de origem renovável. Assim, temas abordando a pesquisa por materiais alternativos é algo que está cotidianamente em pauta, sendo importante dar a devida atenção. Através dos relatos de estudos realizados por diversos pesquisadores, foram desenvolvidos e

testados alguns materiais compósitos que fazem o aproveitamento de resíduos, sendo matérias-primas renováveis e sustentáveis.

Uma preocupação presente no setor agroindustrial é a grande geração de resíduos durante o processamento e beneficiamento das matérias-primas. Esses resíduos, na maioria das vezes, constitui a maior parte de material, não possuindo um destino adequado.

REFERÊNCIAS

- ADAMY, A. P. A.; ROSA, F. S.; ROSA, L. C. Desempenho térmico de compósitos à base de talos de girassol em componentes de edificações. **Revista Espacios**, v. 37, n. 15, p. 17, mar. 2016.
- ALLAN, P. S. et al. Sound transmission testing of polymer compounds. **Polymer Testing**, v. 31, n. 2, p. 312-321, Apr. 2012.
- ARAUJO, S. K. C. et al. Desempenho acústico de painéis de gesso incorporados com fibras de celulose. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 450–455, jan./abr. 2016.
- ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Learnig, 2014. 648 p.
- ASTM, American Society for Testing and Materials. **ASTM E2611-09**: Standard Test Method for Measurement of Normal Incidence Sound Transmission of Acoustical Materials Based on the Transfer Matrix Method. West Conshohocken, 2009, 14 p.
- AYRILMIS, N.; KAYMAKCI, A.; OZDEMIR, F. Sunflower seed cake as reinforcing filler in thermoplastic composites. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 129, n. 3, p. 1170-1178.
- BACKES, R. L. et al. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 41-48, 2008.
- BARNARD, A. R. et al. Measurement of Sound Transmission Loss Using a Modified Four Microphone Impedance Tube. **NOISE-CON 2004**, Baltimore, May. 2004.
- BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and vibration control engineering**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2006.
- BOGER, M. E.; BARRETO, M. A. S. C. Zumbido e perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 1321-1333, 2015.
- CASTRO, C. et al. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa, 1996. 38 p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 4, p. 1-144, 2017.
- COSSU, R.; WILLIAMS, I. D. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. **Waste Management**, v. 45, p. 1-3, 2015.
- D'AMORE, G. K. O. et al. Innovative thermal and acoustic insulation foam from recycled waste glass powder. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 1306-1315, 2017.
- ELKHESSAIMI, Y.; DOYEN, N. T.; SMITH, A. Effects of microstructure on acoustical insulation of gypsum boards. **Journal of Building Engineering**, v. 14, p. 24-31, 2017.
- FAHY, F.; WALKER, J. **Advanced Applications in Acoustics, Noise and Vibration**. 1. ed. New York: Rountledge, 2004. 640 p.
- FATIMA, S.; MOHANTY, A. R. Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials. **Applied Acoustics**, v. 72, n. 2-3, p. 108-114, 2011.

FOULADI, M. H. et al. Utilization of coir fiber in multilayer acoustic absorption panel. **Applied Acoustics**, v. 71, n. 3, p. 241-249, 2010.

FOULADI, M. H.; AYUB, M.; NOR, M. J. M. Analysis of coir fiber acoustical characteristics. **Applied Acoustics**, v. 72, n. 1, p. 35-42, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDEN, J.; HANFIELD, R. **Opportunities in the emerging bioeconomy**. US Department of Agricultural, Office of Procurement and Property Management. 2014.

HERMOSILLA, J. C.; RÍO, P. del; KÖNNÖLÄ, T. Diversity of eco-innovations: reflections from selected case studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10-11, p. 1073-1083, 2010.

HUANG, C. H. et al. The Efficacy of Coconut Fibers on the Sound-Absorbing and Thermal-Insulating Nonwoven Composite Board. **Fibers and Polymers**, v. 14, n. 8, p. 1378-1385, 2013.

IASNICU, I. et al. Determination of sound absorption coefficient for plates and layered composite material made from textile waste and cork. **Journal of Engineering Studies and Research**, v. 21, n. 2, p. 48-56, 2015.

INGRAO, C. et al. Agricultural and forest biomass for food, materials and energy: bio-economy as the cornerstone to cleaner production and more sustainable consumption patterns for accelerating the transition towards equitable, sustainable, post fossil-carbon societies. **Journal of Cleaner Production**, v. 117, p. 4-6, 2016.

KOCAMAN, I.; SISMAN, C. B.; GEZER, E. Investigation the using possibilities of some mineral-bound organic composites as thermal insulation material in rural buildings. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 7, p. 1673-1680, 2011.

MARECHAL, V.; RIGAL, L. Characterization of by-products of sunflower culture – commercial applications for stalks and heads. **Industrial Crops and Products**, v. 10, n. 3, p. 185-200, 1999.

MATHIAS, J. D. et al. Upcycling Sunflower Stems as Natural Fibers for Biocomposite Applications. **BioResources**, v. 10, n. 4, p. 8076-8088, 2015.

MATHIAS, J. D. et al. Upcycling Sunflower Stems as Natural Fibers for Biocomposite Applications. **BioResources**, v. 10, n. 4, p. 8076-8088, 2015.

MATI-BAOUCHI, N. et al. Sound absorption properties of a sunflower composite made from crushed stem particles and from chitosan bio-binder. **Applied Acoustics**, v. 111, p. 179-187, 2016.

NAYMAKCI, A. et al. Utilization of Sunflower Stalk in Manufacture of Thermoplastic Composite. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, n. 4, p. 1135-1142.

OSLO Manual. **Guidelines for collecting and interpreting innovation data**. 3. ed. França: OECD, 2005.

PATNAIK, A. et al. Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. **Energy and Buildings**, v. 92, p. 161-169, 2015.

PEDROSO, M.; BRITO, J.; SILVESTRE, J. D. Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative). **Construction and Building Materials**, v. 140, p. 221-228, 2017.

PIÉGAY, C. et al. Acoustical model of vegetal wools including two types of fibers. **Applied Acoustics**, v. 129, p. 36-46, 2018.

- PINSKY, V.; KRUGLIANSKAS, I. Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 107-126, maio/ago. 2017.
- RABBI, A. et al. Manufacturing of PAN or PU Nanofiber Layers/PET Nonwoven Composite as Highly Effective Sound Absorbers. *Advances in Polymer Technology*, v. 33, n. 4, 2014.
- RANDERS, J. **2052**: a global forecast for the next forty years. White River Junction: Chelsea Green. 2012.
- REIXACH, R. et al. Acoustic properties of agroforestry waste orange pruning fibers reinforced polypropylene composites as an alternative to laminated gypsum boards. **Construction and Building Materials**, v. 77, p. 124-129, 2014.
- ROSA, L. C. et al. Use of rice husk and sunflower stalk as a substitute for glass wool in thermal insulation of solar collector. **Journal of Cleaner Production**, v. 104, p. 90-97, 2015.
- ROY, R. **Consumer Product Design and Innovation**: Past, present and future. Consumer product innovation and sustainable design: the evolution and impacts of successful products. Oxon (UK): Routledge. 2016.
- SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle do ruído**. 8. ed. São Paulo: LTr, 2016. 144 p.
- SEILER, G. J. **Anatomy and Morphology of Sunflower**. Madison: Sunflower Technology and Production, 1997. 834 p.
- SHI, X. et al. Novel sound insulation materials based on epoxy/hollow silica nanotubes composites. **Composites Part B: Engineering**, v. 131, p. 125-133, 2017.
- SILVA, A. R.; MAREZE, P.; BRANDÃO, E. Prediction of sound absorption in rigid porous media with the lattice Boltzmann method. **Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical**, v. 49, n. 6, 2016.
- SOUZA, F. R. et al. Características agronômicas do cultivo de girassol consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 110-116, 2015.
- SUN, S. et al. Hygromechanical characterization of sunflower stems. **Industrial Crops and Products**, v. 46, p. 50-59, 2013.
- VIANA, L. G.; CRUZ, P. S. **Reaproveitamento de resíduos agroindustriais**. In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016, Cruz das Almas/ BA.
- YU, Q. L.; BROUWERS, H. J. H. Development of a self-compacting gypsum-based lightweight composite. **Cement & Concrete Composites**, v. 24, p. 1033-1043, 2012.