



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**INCORPORAÇÃO DO REJEITO DE COURO EM PLACAS DE GESSO PARA
USO EM CONSTRUÇÕES RURAIS**

JOELMA VIEIRA DO NASCIMENTO DUARTE

CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO – 2022

JOELMA VIEIRA DO NASCIMENTO DUARTE

**INCORPORAÇÃO DO REJEITO DE COURO EM PLACAS DE GESSO PARA
USO EM CONSTRUÇÕES RURAIS**

Tese de Doutorado a ser apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor (a), em Engenharia Agrícola, com ênfase na área de Construções Rurais e Ambiência.

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto

Área de Concentração: Construções Rurais E Ambiência

CAMPINA GRANDE - PB

SETEMBRO – 2022

D812i Duarte, Joelma Vieira do Nascimento.
Incorporação do rejeito de couro em placas de gesso para uso em construções rurais / Joelma Vieira do Nascimento Duarte – Campina Grande, 2023.
56 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.
"Orientação: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado, Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto."

Referências.
1. Construções Rurais e Ambiente. 2. Bem-estar Socioambiental. 3. Conforto Térmico. 4. Desempenho Acústico. 5. Gesso. 6. Rejeito de Couro. I. Furtado, Dermeval Araújo. II. Lopes Neto, José Pinheiro. III. Título.

CDU 631.2(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE TESE PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 14 DE SETEMBRO DE 2022.

CANDIDATO(A): **JOELMA VIEIRA DO NASCIMENTO DUARTE**

COMISSÃO EXAMINADORA: Dermeval Araújo Furtado - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG; José Pinheiro Lopes Neto - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG; Jose Wallace Barbosa do Nascimento - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG; Izabelle Marie Trindade Bezerra - Examinador(a) Externo(a) - UAEC/UFCG; Maria Luiza de Souza Rezende - Examinador(a) Externo(a) - UAEP/UFCG; e Cibelle Guimarães Silva Severo - Examinador(a) Externo(a) - UFPB (PORTARIA PPGEA - DT 21/2022)

TÍTULO: INCORPORAÇÃO DO REJEITO DE COURO EM PLACAS DE GESSO PARA USO EM CONSTRUÇÕES RURAIS

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Construções Rurais e Ambiência

LOCAL: Por Videoconferência (plataforma Google Meet)

HORÁRIO: 14h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Tese, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é assinada por ROBERTO ROMAN DOS SANTOS (secretário do PPGEA) e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 14 de setembro de 2022.

Roberto Roman dos Santos - Secretário do PPGEA/UFCG

Dermeval Araújo Furtado - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

José Pinheiro Lopes Neto - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Jose Wallace Barbosa do Nascimento - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Izabelle Marie Trindade Bezerra - Examinador(a) Externo(a) - UAEC/UFCG

Maria Luiza de Souza Rezende - Examinador(a) Externo(a) - UAEP/UFCG

Cibelle Guimarães Silva Severo - Examinador(a) Externo(a) - UFPB

Joelma Vieira do Nascimento Duarte - Discente

1. Segue a presente Ata de Defesa de Tese do(a) candidato(a) **JOELMA VIEIRA DO NASCIMENTO DUARTE**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.

SETEMBRO DE 2022

	Documento assinado eletronicamente por ROBERTO ROMAN DOS SANTOS, SECRETÁRIO (A) , em 03/10/2022, às 10:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por JOSE WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO, PROFESSOR 3 GRAU , em 03/10/2022, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por IZABELLE MARIE TRINDADE BEZERRA DA COSTA LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR , em 03/10/2022, às 19:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por DERMEVAL ARAUJO FURTADO, PROFESSOR 3 GRAU , em 04/10/2022, às 08:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por Joelma Vieira do Nascimento Duarte, Usuário Externo , em 17/10/2022, às 07:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por Cibelle Guimarães Silva Severo, Usuário Externo , em 17/11/2022, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por JOSE PINHEIRO LOPES NETO, COORDENADOR(A) ADMINISTRATIVO(A) , em 07/02/2023, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .
	Documento assinado eletronicamente por MARIA LUIZA DE SOUZA REZENDE, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR , em 07/02/2023, às 19:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018 .



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2791918** e o código CRC **C3467794**.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Espiritualidade Maior, por toda força concedida durante toda a minha caminhada acadêmica, se fazendo presente em cada dificuldade e me mostrando sempre o melhor caminho a seguir.

Ao professor Dermeval, meu orientador, pela partilha de todo conhecimento, pelas palavras de incentivo, pela disponibilidade de me ouvir sempre que necessitei, pela compreensão das dificuldades enfrentadas durante o período pandêmico e por sempre acreditar que uma graduada em Física pudesse finalizar um Doutorado em Engenharia Agrícola.

Ao professor Neto, meu coorientador, pelo planejamento da Pesquisa, pela busca pelos melhores meios de desenvolvimento, pelas orientações e pela partilha de todo conhecimento nos momentos de dúvidas.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG pela oportunidade de realização do doutorado.

À CAPES pelo apoio financeiro na pesquisa.

Aos meus pais, por todo amor e apoio concedidos.

Ao meu filho Gabriel, que cresceu me vendo numa rotina extenuante de trabalho e estudos, me acompanhando, por diversas vezes às aulas da Graduação, Mestrado e Doutorado, dormindo tarde durante minhas jornadas de estudo, intencionando não me deixar sozinha durante a noite. Dedico a você, meu filho, o final desse ciclo.

A Gustavo, meu esposo, que durante a minha gravidez trancou seu curso para cuidar de Gabriel à noite e me proporcionar a finalização da minha graduação, possibilitando que eu pudesse prosseguir e chegar até aqui. Sem ele, com certeza, não teria conseguido finalizar o Doutorado.

Ao Senai CTCC, por ceder os resíduos de couro utilizados nessa pesquisa.

Ao laboratório de caracterização de materiais da UFCG, pelas análises realizadas nas amostras e pela colaboração de Emanuel.

Aos técnicos do LaCRA, Joselito e Thiago que contribuíram para realização desta pesquisa.

Aos amigos e amigas da UFCG pelo incentivo e parceria, em especial à Valquíria, Jaciara e Yokiny, pelos conhecimentos compartilhados e pela amizade que levarei por toda a vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VII
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. Introdução	14
2. Objetivos	16
3. Referencial Teórico	17
3.1. Criação animal no Brasil	17
3.2. Influência do microclima na produção animal	18
3.3. Ambientes acusticamente estressantes na agroindústria	19
3.4. Uso de placas de gesso constituídas de materiais alternativos como isolantes térmicos e acústicos	21
3.5. Gestão ambiental e a indústria couro-calçadista	23
3.6. O couro como isolante térmico	25
4. Metodologia	28
4.1. Localização	28
4.3.1 Gesso	29
4.3.2. Rejeito de couro	29
4.3.3. Água filtrada	30
4.4.1. Procedimentos	30
5. Resultados e discussão	42
5.1. Caracterização física do gesso no estado anidro	42
6. Conclusão	52
Referências	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Fluxograma de execução da pesquisa.....	30
Figura 2.	Rejeito de couro em aparas.....	31
Figura 3.	Rejeito de couro em pó.....	31
Figura 4.	Confecção da pasta base (gesso e rejeito de couro)	33
Figura 5.	Corpos de prova confeccionados para análise do teste de resistência à flexão.....	33
Figura 6.	Realização do teste de resistência à flexão.....	35
Figura 7.	Placas formadas pelos compósitos estudados.....	36
Figura 8.	Aparato que simula uma câmara térmica.....	37
Figura 9.	Esboço da câmara climática do LaCRA.....	37
Figura 10.	Croqui da câmara térmica.....	38
Figura 11.	Confecção de placas para confecção das caixas acústicas.....	41
Figura 12.	Caixas confeccionadas com os compósitos utilizadas para o teste acústico.....	41
Figura 13.	Resistência à flexão dos compósitos estudados.....	45
Figura 14.	Resistência térmica dos compósitos avaliados.....	49
Figura 15.	Níveis de ruído.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composições utilizadas (massa) para os compósitos relacionadas ao rejeito em pó.....	34
Tabela 2.	Composições utilizadas (massa) para os compósitos relacionadas ao rejeito em aparas....	34
Tabela 3.	Caracterização física do gesso conforme a NBR 12.127.....	43
Tabela 4.	Massas unitárias dos rejeitos.....	44
Tabela 5.	Fluxo de calor e coeficientes de condutividade.....	47
Tabela 6.	Parâmetros de desempenho térmico.....	48
Tabela 7.	Níveis de ruído.....	50
Tabela 8.	Níveis de ruído considerando a emissão do ambiente.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
CTCC	Centro de Tecnologia do Couro e do Calçado
CV	Coefficiente de variação
db	Decibéis
EPM	Erro padrão médio
FR	Frequência respiratória
g	Gramas
h	Horas
HDPE	Poliestireno de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
J.s-1	Joule por segundo
Kg.m-3	Quilograma por metro cúbico
kg.m-3	Quilograma por metro cúbico
LaCRA	Laboratório de construções rurais e ambiência
MDF	Médium Density Fiberboard
mm	Milímetros
ml	Mililitros
m ²	Metro quadrado
m ² .K.W-1	Metro quadrado Kelvin por Watt
mm ³	Milímetros cúbicos
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
N.s-1	Newton por segundo
OMS	Organização Mundial de Saúde
PET	Politereftalato de etileno
PPM	Pesquisa da Pecuária Municipal
R	Resistência Térmica
SENAI	Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial

SR	Taxa de sudorese
TAP	Tratamento com aparas
TP	Tratamento com pó
TR	Temperatura retal
U	Transmitância térmica
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UR	Umidade relativa do ar
W	Watt
W.m-2	Watt por metro quadrado
W.(m.°C)-1	Watt por metro Kelvin
W.(m.K)-1	Watt por metro Kelvin
W.(m ² .K)-1	Watt por metro quadrado Kelvin

DUARTE, Joelma Vieira do Nascimento. **INCORPORAÇÃO DO REJEITO DE COURO EM PLACAS DE GESSO PARA USO EM CONSTRUÇÕES RURAIS** 2022. 56f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

RESUMO

Considerando que o descarte de rejeitos provenientes das indústrias podem ser prejudiciais ao meio ambiente e, considerando que a radiação solar e o excesso de emissão acústica podem ser fatores limitantes para o equilíbrio térmico, conforto acústico e o desempenho dos animais, faz-se necessário o estudo do reaproveitamento desses rejeitos, com a finalidade de minimizar os impactos ambientais, proporcionar melhorias às edificações e conforto para aqueles que as utilizam. Partindo dessa premissa, este estudo objetiva avaliar a viabilidade da implementação do rejeito de couro em pó e em forma de aparas, proveniente da indústria calçadista do município de Campina Grande-PB às placas de gesso usadas como revestimento de alvenaria e forro de cobertura, visando promover maior conforto térmico e acústico às edificações. Dessa forma, a pesquisa constou de etapas as quais realizou-se a caracterização dos materiais compostos por gesso adicionado do rejeito em pó a 2,5%, 5,0% e 10,0% e em aparas a 10,0%, 15,0% e 20,0%, e em seguida avaliou-se as suas resistências por meio do teste de flexão. Realizou-se também a avaliação de desempenho térmico e acústico, comparados à testemunha (0,0% de adição de rejeitos). Como resultado, obteve-se que o fluxo de calor apresentou valor mais elevado no tratamento de 5% de rejeito em pó e mais baixo com 10% de pó. A testemunha foi similar aos tratamentos de 2,5% de pó e 10 e 15 % de aparas. Comparando a testemunha com a inclusão de 5% de pó, observa-se acréscimo de 1,48% no fluxo de calor. Comparando o tratamento de 10% de pó com a testemunha observa-se um decréscimo de 2,60% do fluxo de calor e com relação ao isolamento acústico, observa-se que a testemunha proporcionou maior percepção de ruído e ao adicionar os rejeitos, houve diminuição no valor observado. O tratamento que apresentou menor percepção de ruído foi o com 20% de aparas, seguido em ordem crescente por tratamento com 10% de pó, 10% de aparas e 5,0% de pó, 2,5% de pó e 15% de aparas. Comparando a testemunha com o tratamento que apresentou menor ruído observa-se queda de 18,25% dos valores aferidos.

Palavras-chave: bem-estar socioambiental, conforto térmico, desempenho acústico.

DUARTE, Joelma Vieira do Nascimento. **INCORPORATION OF LEATHER WASTE INTO GYPSUM PLATES FOR USE IN RURAL BUILDINGS**. 2022. 00f. Doctoral Thesis. Graduate Program in Agricultural Engineering. Federal University of Campina Grande. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

Considering that the disposal of waste from industries can be harmful to the environment and that solar radiation and excess acoustic emissions can be limiting factors for thermal balance, acoustic comfort and animal performance, it is necessary to study the reuse of this waste in order to minimize environmental impacts, provide improvements to buildings and comfort for those who use them. Based on this premise, the aim of this study is to assess the feasibility of using leather waste in powdered and shredded form from the footwear industry in the municipality of Campina Grande-PB in plasterboard used as masonry cladding and roof lining, with a view to promoting greater thermal and acoustic comfort in buildings. In this way, the research consisted of two stages: characterization of the materials made up of gypsum added to the waste in powder form at 2.5%, 5.0% and 10.0% and in shavings at 10.0%, 15.0% and 20.0%, and then evaluation of their strength using the flexural test. Thermal and acoustic performance was also evaluated, compared to the control (0.0% tailings). As a result, the heat flow was highest in the 5% tailings powder treatment and lowest with 10% powder. The control was similar to the treatments of 2.5% powder and 10% and 15% shavings. Comparing the control with the inclusion of 5% powder, there was a 1.48% increase in heat flow. Comparing the 10% powder treatment with the control, there was a 2.60% decrease in heat flow. With regard to acoustic insulation, it was observed that the control provided a greater perception of noise and when the rejects were added, there was a decrease in the observed value. The treatment with the lowest noise perception was 20% shavings, followed in ascending order by 10% powder, 10% shavings and 5.0% powder, 2.5% powder and 15% shavings. Comparing the control with the treatment with the lowest noise levels, there was an 18.25% drop in the measured values.

Keywords: socio-environmental well-being, thermal comfort, acoustic performance.

1. Introdução

O manejo dos animais, a tipologia das instalações rurais e as condições ambientais podem exercer influência na produção como também na produtividade, destacando-se entre as variáveis climáticas, a ventilação, a temperatura e umidade relativa do ar e a incidência da radiação solar direta e indireta, sendo um dos desafios na produção animal o controle do microclima no interior das instalações, que ao propiciar desconforto térmico aos animais, pode acarretar redução na produtividade.

A interação animal e ambiente deve ser considerada quando se busca sucesso na eficiência da exploração pecuária, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade produtiva, sendo que a identificação dos fatores que influem na vida produtiva do animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais do meio ambiente, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção e ajustes nas instalações, visando medidas que minimizem o efeito do estresse térmico, possibilitando dar-lhes conforto, sustentabilidade e viabilidade econômica.

No Brasil esses desafios são relevantes, principalmente na região semiárida, devido ao fato da alta variabilidade dos fatores ambientais, como elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e elevadas amplitudes térmicas, o que os torna limitantes ao bem-estar animal bem como a produtividade.

No tocante às instalações animais é importante prezar pelo conforto térmico, podendo-se utilizar técnicas construtivas e materiais alternativos incorporados aos materiais convencionais que possam contribuir para um melhor conforto térmico dos animais e, conseqüentemente, promover melhorias da eficiência produtiva. Por sua vez deve-se também ter cuidados com a exposição dos animais a ambientes acusticamente estressantes, já que podem ocasionar prejuízos produtivos.

A incorporação de materiais alternativos aos materiais de construções convencionais vem sendo realizada, visando promover um melhor conforto térmico e acústico às instalações, minimizar gastos, promover maior eficiência produtiva bem como reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte desses materiais no meio ambiente.

O setor coureiro-calçadista é uma importante atividade socioeconômica brasileira e, o Nordeste é o principal produtor de calçados, originando-se mais da metade da produção nacional e desenvolvendo cada vez mais o setor de curtimento de couros. No 2º

trimestre de 2021, os curtumes investigados pela Pesquisa Trimestral do Couro – aqueles que efetuam curtimento de pelo menos 5 000 unidades inteiras de couro cru bovino por ano – declararam ter recebido 7,51 milhões de peças de couro e, esse total representa aumento de 2,6% em relação ao adquirido no 2º trimestre de 2020 e de 6,2% frente ao 1º trimestre de 2021 (IBGE, 2021).

A microrregião de Campina Grande-PB é um importante polo calçadista e, a empresa com maior contribuição do ICMS industrial do estado da Paraíba é a Alpargatas S/A, com 7,5% de participação, mas além desta existem outras fábricas do ramo que utilizam o couro de bovinos, caprinos e ovinos como principal matéria-prima para a fabricação de seus produtos.

Com esse crescimento, a indústria couro-calçadista é um setor com potencial poluente, gerador de resíduos perigosos e de alta toxicidade e, esta geração pode não ser acompanhada da devida atenção para a neutralização de seus efeitos, sendo que na produção do couro são gerados efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas, e nesses poluentes estão presentes compostos orgânicos e inorgânicos. Os compostos orgânicos constituem-se de componentes proteicos e lipídicos, provenientes das peles dos animais, que perdem cerca de 30% de matéria orgânica durante o processamento e, os compostos inorgânicos provêm de produtos químicos que não foram completamente fixados pelas peles durante o processamento (Hu et al., 2020).

Dentre os resíduos sólidos provenientes das operações físicas do processamento da transformação de peles animais em couro nessa atividade industrial, pode-se citar as aparas, oriundas do rebaixamento das peles e o pó, proveniente do seu processo de lixamento, os quais devem ser descartados conforme versam as leis ambientais vigentes. Entretanto, o descarte correto é bastante oneroso e muitas vezes as empresas não conseguem arcar com os custos ocasionados e efetuam o descarte de maneira incorreta, acarretando, assim, em prejuízo ao meio ambiente devido ao alto teor de poluentes existentes nos rejeitos.

Sendo o gesso um material amplamente utilizado na construção civil e podendo ser utilizado com a agregação de materiais alternativos, visando lhe conferir maior desempenho, propõe-se, nesse trabalho, acrescentar a esse material o rejeito proveniente do processamento das peles animais, com vistas a promover a redução do impacto ambiental promovido por esse rejeito, bem como otimizar as propriedades térmicas e acústicas do gesso.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho térmico e acústico de placas de gesso acrescidas de diferentes concentrações de rejeito de couro em pó e em aparas.

2.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver placas de gesso agregadas a rejeitos de couro bovino em pó e em aparas como alternativa de material a ser utilizado em paredes de vedação, revestimento de alvenaria ou teto para instalações de produção animal;
- Avaliar a influência do rejeito de couro em pó variando a concentração em 0,0, 2,5, 5,0 e 10%, e na forma de aparas na concentração de 10,0, 15,0 e 20,0% às propriedades mecânicas, térmicas e acústicas do material;
- Quantificar os valores dos fluxos de calor nos tratamentos avaliados (gesso convencional e gesso acrescido de rejeito de couro).

3. Referencial Teórico

3.1. Criação animal no Brasil

No Brasil, especialmente na região Nordeste, a criação de caprinos e ovinos é uma atividade que gera emprego e renda às famílias que habitam essa região (Ribeiro et al., 2014), sendo efetivo populacional de caprinos formados por animais de pequeno porte e adaptados às condições ecológicas da região, apresentando uma criação bovina pouco expressiva.

De acordo com Deniz (2018), a produção de ovinos, em grande parte, é realizada em pequenas propriedades, com presença de pequenos rebanhos e caracterizadas pela agricultura familiar, em sistemas de baixa intensificação e com pouco uso de tecnologia, sendo o abate e a comercialização realizados de maneira informal, que conseqüentemente, prejudica o desenvolvimento da cadeia produtiva.

No que tange à criação de bovinos, conforme afirma pesquisa realizada pelo IBGE (2020), o Mato Grosso se mantém como principal estado para pecuária brasileira, concentrando 30,1 milhões de cabeças, com um crescimento de 2,3% no quantitativo de animais quando comparado a 2019. Goiás se manteve como segundo maior produtor, com 23,6 milhões de cabeças, no entanto, o Pará apresentou um aumento de 6,3% em seu plantel, totalizando 22,3 milhões de animais e ultrapassou Minas Gerais, ficando em terceiro lugar na produção nacional.

No que tange à equinocultura, dados da Pesquisa da Pecuária Municipal PPM (2020) sinalizam que o rebanho equestre nacional aumentou 1,9% em 2020, em relação ao ano anterior. Foi contabilizado um total de 5.962.126 animais no país, destacando-se o aumento de 13% na quantidade de animais na região Centro-Oeste, região agora detentora do maior contingente de rebanho equino (1.357.940 animais) do Brasil.

Dessa forma, diante da forte criação animal brasileira, tem-se a necessidade de otimizar os resultados obtidos dessas atividades, visando promover maior eficiência produtiva bem como minimizar os custos da produção, surgindo, dessa forma, a necessidade de estudos referentes ao conforto térmico e acústico dos animais em seus ambientes produtivos, bem como a implementação de matérias e técnicas construtivas visando essa mesma otimização.

3.2. Influência do microclima na produção animal

Conforme Deniz (2018), o manejo associado às instalações e às condições climáticas exercem influência na produção e na produtividade dos animais, destacando-se entre as variáveis climáticas a ventilação, umidade relativa e temperatura do ar, incidência da radiação solar direta e indireta, sendo um dos desafios para a produção animal o controle do microclima no interior das instalações, que ao propiciar desconforto térmico aos animais, pode acarretar redução na produtividade e prejuízos econômicos.

Deniz (2018) ainda afirma que no Brasil esses desafios são ainda mais relevantes, principalmente na região semiárida, devido ao fato da alta variabilidade dos fatores ambientais, como elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, elevadas amplitudes térmicas, o que os torna fatores limitantes ao bem-estar animal bem como a uma maior produtividade.

A definição do termo bem-estar animal refere-se a um “estado” no qual o animal está em harmonia com a natureza ou com o seu ambiente (Hughes, 1976). Duncan e Dawkins (1983) referem-se ao bem-estar animal como a presença de completa saúde mental e física, harmonia com o ambiente circundante e capacidade de se adaptar a um ambiente não-natural sem sofrimento, o qual é entendido como uma ampla gama de estados emocionais desagradáveis e estressantes. Dessa forma, proporcionar aos animais um ambiente propício de lhes causar bem-estar é primordial no que tange à influência do microclima em sua produção, devendo-se proporcionar aos animais um ambiente livre de estresse térmico, de forma que eles possam vir a desempenhar seu melhor papel na cadeia produtiva.

Baêta & Souza (2010) citam que as variáveis ambientais, tais como temperatura e umidade relativa do ar, impactam no bem-estar animal, sendo condicionantes para uma boa produção e segundo Santos et al. (2016), as adaptações sofridas por um animal a um ambiente adverso também podem afetar a sua eficiência produtiva.

Além do binômio temperatura e umidade relativa do ar, foram desenvolvidos índices de conforto térmico (Karvatt Junior, 2016), fazendo com que animais expostos a condições desfavoráveis a esses índices estejam necessitados de arrefecimento térmico artificial, refletindo em um alto custo de produção.

A temperatura do ar é considerada o elemento climático de maior influência sobre os animais e, para apresentarem uma máxima produção, os animais dependem de uma zona de conforto térmico em que não há gasto de energia ou atividade metabólica para

esfriar ou aquecer o corpo, sendo quatro componentes principais que influenciam nas trocas de energia entre o animal e o ambiente: radiação, condução, convecção e evaporação (Malheiros Filho et al., 2012).

Partindo dessas premissas, alguns estudos foram realizados observando a influência do microclima na produção animal, a exemplo de Dantas et al. (2012) que realizaram um estudo de termorregulação de bovinos em ambiente tropical, abordando as respostas fisiológicas, concluindo que se deve fornecer um microclima caracterizado por baixas temperaturas e sem a exposição à radiação solar direta.

Maia et al. (2016), avaliaram os efeitos da temperatura do ar e umidade relativa no equilíbrio térmico de caprinos da raça Anglo Nubiano em uma região tropical, concluindo que as taxas respiratórias, volumétricas e a perda de calor latente não alteraram significativamente para a temperatura do ar entre 22 e 26 ° C, sendo o calor metabólico perdido principalmente por convecção e radiação de ondas longas.

Titto et al. (2016), avaliaram a velocidade das respostas termorreguladoras a partir da variação da temperatura retal (TR), relacionada às vias termolíticas, frequência respiratória (FR) e taxa de sudorese (SR) entre diferentes raças de ovinos. O índice de termotolerância não diferiu entre as raças, mas mostrou resposta semelhante ($P > 0,05$) 45 min ou 1 h de sombra após exposição ao sol.

Silva et al. (2017) avaliaram a ritimicidade diária das respostas termorregulatórias de ovelhas Morada Nova criadas em ambiente semiárido durante a estação seca e, observaram que a frequência cardíaca e respiratória aumentara à medida que as condições ambientais se tornaram mais estressantes.

Cardoso et al. (2015) avaliaram a tolerância ao calor de cinco raças de zebuínos utilizando traços hematológicos, bem como suas respostas termográficas, concluindo que houve diferenças significativas na temperatura retal, na frequência cardíaca e nas taxas respiratórias entre as raças.

3.3. Ambientes acusticamente estressantes na agroindústria

De acordo com dados levantados pelo Ministério do Trabalho, em 2000, a utilização de equipamentos e maquinários nos manejos animais e nas atividades agrícolas pode intensificar a emissão de ruídos, a exemplo da inserção de ventiladores e aspersores de água no telhado, assim como o manejo de contenção de animais, podendo em longos

períodos de exposições prejudicar a saúde auditiva dos funcionários que atuam em ambientes acusticamente estressantes.

O Ministério do Trabalho e Emprego regulamenta os níveis de risco para garantir maior conforto, segurança e melhorar o bem-estar e a eficiência dos funcionários, com penalidades importantes para as empresas que descumprirem a regulamentação brasileira (BRASIL, 2000). Segundo a OMS (1999) ambientes ruidosos prejudicam o desempenho humano, provocando problemas de saúde como alterações comportamentais, fadiga, reações de estresse, ansiedade, irritabilidade e distúrbios de memória.

O nível de ruídos em ambientes internos requer o entendimento de aspectos geométricos, acústicos e arquitetônicos, incluindo formas de revestimento acústico, orientação e aberturas disponíveis (Gonçalves et al., 2009) e, partindo dessa premissa é necessário estudar e minimizar as emissões acústicas provenientes de atividades agroindustriais e pecuárias, visando promover um ambiente livre de estresse tanto para animais quanto para seres humanos.

Na pecuária o confinamento pode ser feito em razão do manejo na separação por peso, idade, sexo, identificações, exames clínicos, tratamentos específicos para doenças e transporte (Ricci et al., 2020) e, este confinamento pode ser realizado por meios físicos ou químicos, sendo o primeiro descrito como o isolamento ou restrição de animais sem o uso de substâncias químicas para impedir sua movimentação e fuga e facilitar o manuseio seguro para medições específicas (Coleman & Hemsworth, 2014); já o confinamento químico ocorre pelo isolamento utilizando tranquilizantes ou anestésicos, que normalmente são usados para capturar animais agressivos ou angustiados (Giralt, 2002), geralmente em áreas fechadas com ou sem ar-condicionado.

São necessárias adoções de algumas formas para reduzir o ruído durante o manejo dos animais e os seus consequentes danos, sendo a oferta de proteção auditiva uma das formas mais comuns de resolver esses problemas (Vieira, 1997). No entanto, a redução do nível de ruído na fonte é mais viável, ao mesmo tempo que contribui para a melhoria constante do ambiente (Marques et al., 2016).

Assim, conforme Rocha (2021), a produção de placas de gesso sustentáveis se torna uma alternativa, com aproveitamento de resíduos de diferentes origens, que pode contribuir para o atendimento da gestão de resíduos descartados nos espaços urbanos, rurais e industriais e que venha a contribuir para minimizar os impactos ambientais.

Dessa forma, diversos materiais de construção podem ser utilizados como isolantes acústicos para minimizar os ruídos na fonte, a exemplo da vermiculita, lã de vidro, placas de gesso etc.

3.4. Uso de placas de gesso constituídas de materiais alternativos como isolantes térmicos e acústicos

O gesso tem como matéria prima a gipsita, que é uma rocha sedimentar cuja origem se dá na precipitação de sulfatos de cálcio contidos em águas marinhas submetidas à evaporação (Jorgessen, 1994) e, esse mineral é composto por sulfato de cálcio di-hidratado e suas impurezas, que ao ser calcinada a diferentes temperaturas, a gipsita libera parte da água, gerando diferentes tipos de gesso (Silva, 2010; Santos et al., 2014)

Silva (2020) afirma que o gesso é um dos materiais de construção mais antigos, sendo um material ligante e menos agressivo ao ambiente quando comparado ao cimento Portland, permeando desde a construção como a decoração, em campos como a medicina, agricultura e alimentação. Dentre os diferentes segmentos da construção, o gesso apresenta potencial de contribuição para a sustentabilidade da indústria construtiva devido ao baixo consumo energético do processo de produção e da viabilidade de reciclagem dos resíduos gerados ao longo de sua cadeia produtiva (Pinheiro, 2011).

O gesso é um material com baixa condutividade térmica e seu coeficiente de condutividade varia com a umidade e com a densidade do material hidratado e seco, sendo seu valor, da ordem de 0,25 a 0,50 w.(m.°C)-1 (Nolhier, 1986), assim, comparado a outros materiais de construção, pode ser considerado um bom isolante térmico.

A capacidade de isolação térmica do gesso é destacada no interior de habitações, impedindo a formação dos indesejáveis vapores de água que surgem na superfície das alvenarias, sendo considerado como uma “parede fria” e, funcionam como inibidoras de propagação de chamas (Canut, 2016).

Partindo dessa premissa, estudos foram realizados com a finalidade de avaliar a capacidade de isolação térmica do gesso, considerando esse material puro e agregando-se em sua composição outros materiais alternativos.

Dessa forma, Costacurta et al. (2021), pesquisando o desempenho obtido com a aplicação de lã de vidro e lã de PET em sistemas construtivos em alvenaria e gesso acartonado, verificaram que a lã de PET apresenta maior eficiência em comparação à lã de vidro, tendo menor variação térmica no ambiente o qual este material é aplicado.

Mol (2017), realizou uma pesquisa cujo objetivo foi propor o desenvolvimento de um material compósito termicamente eficiente e resistente ao fogo para alvenarias modulares, agregados a rejeitos da indústria da mineração de ferro e quartzito e os resultados obtidos indicaram desempenho semelhante para as placas aditivadas com rejeitos em relação às convencionais, mostrando que a adição de rejeitos pode não só produzir peças mais econômicas, mas eficientes ambientalmente, contribuindo com a sustentabilidade de geradores de rejeitos e consumidores de matérias primas naturais.

No tocante ao isolamento acústico, considerando a utilização de componentes duplos de vedação, o comportamento da onda sonora através da passagem em cinco meios (ar-sólido-ar-sólido-ar) é uma estratégia viável quando se deseja aumentar a capacidade de isolamento sem que isso signifique aumento da densidade (Grassi, 2019).

A existência da camada de ar entre duas paredes paralelas aumenta o isolamento oferecido, quando comparado com o simples aumento de massa (Lima & Zenerato, 2016). Entretanto, o espaçamento entre as placas necessita ser razoavelmente grande em função do comprimento de onda incidente. Losso & Viveiros (2004) afirmam que a colocação de material absorvente dentro da camada de ar melhora o desempenho do conjunto, pois contribui com a perda de energia através da absorção sonora e pela eliminação de possíveis ressonâncias na cavidade.

Fernandes et al. (2018) realizaram uma pesquisa cujo objetivo foi avaliar o desempenho da lã de vidro e da lã de rocha agregadas ao gesso, como isolante acústico, sendo a lã de rocha eficiente em ambiente de sistema Drywall e, economicamente mais viável do que a lã de vidro. Rankan (2018) comparou os custos de diferentes composições de paredes de gesso acartonado executadas visando o desempenho acústico, avaliando obras na região de Porto Alegre/RS e cita que paredes com tratamento acústico são eficazes, porém mais onerosos, entretanto o investimento é satisfatório devido à eficácia do sistema de isolamento.

Sikorski Júnior et al. (2013) construíram protótipos em alvenaria com blocos de vedação de concreto com e sem a inserção de resíduos de gesso no interior dos furos dos blocos, e como resultados verificaram uma indiferença no isolamento acústico, fator atribuído ao modo como foi utilizado o resíduo.

Desse modo, torna-se evidente a importância do estudo de técnicas e alternativas empregadas aos materiais de construção, visando além da inovação, a eficiência construtiva bem como a viabilidade econômica.

3.5. Gestão ambiental e a indústria couro-calçadista

Kumar et al. (2018) afirmam que a poluição ambiental tem-se apresentado em alta intensidade em todo o mundo devido ao crescimento industrial, sendo a indústria do couro uma das grandes contribuintes para a emissão de resíduos, causando poluição significativa a qual tem efeito negativo sobre a saúde de humanos e dos animais, deteriorando o meio ambiente e os corpos de água devido a diversos tipos de resíduos gerados durante o tratamento das peles e o processo de acabamento do couro.

Na gestão ambiental é necessária a preocupação com as práticas que visam o uso sustentável dos recursos naturais (Nicoletta et al., 2004), devendo-se realizar ações para que a gestão ambiental possa atuar, necessitando de uma política ambiental definida com relação ao meio ambiente, para proporcionar uma melhor imagem perante consumidores exigentes, além de estar cumprindo com a legislação ambiental.

De acordo com Pereira et al. (2012), o setor de couro e calçados desenvolve práticas que possibilitam aprimorar a produtividade e otimizar a utilização dos recursos naturais e, essas ações são adotadas pelas organizações do setor para atender as exigências da legislação ambiental, como também diminuir os inúmeros riscos oriundos da produção de couro-calçados para o meio ambiente e a saúde humana.

Ainda de acordo com o autor, o setor de couro-calçados devido a sua importância e o impacto gerado por suas atividades vem desenvolvendo práticas produtivas limpas, devido ao fato de produzir uma quantidade significativa de resíduos sólidos, comprometendo principalmente os recursos hídricos. Neste sentido, torna-se importante o desenvolvimento de ações direcionadas a uma garantia de maior sustentabilidade na produção, através da redução no consumo de água e energia, além de adotar medidas de reaproveitamento destes resíduos para que não afetem o meio ambiente.

Os resíduos sólidos podem ser definidos como todo ou qualquer material sólido que provém das atividades diárias de um homem em sociedade, cujo produtor ou proprietário não o considere com importância suficiente para ser conservado (Renfio, 2002). Nesse contexto, Jyang et al. (2017) afirmam que as ferramentas para as práticas ambientais têm sido amplamente utilizadas para minimização da geração de impactos ambientais, pois a gestão ambiental nas empresas tem sido considerada como um fator imprescindível nos negócios devido a nova postura de clientes que estão mais conscientes quanto a preservação do meio ambiente e, esse elemento pode ser visto como uma oportunidade pelo setor de curtumes em que agregando a Gestão Ambiental em suas

políticas empresariais internas, irão otimizar os recursos naturais a serem utilizados nos processos produtivos, como também irão colaborar por causarem menor impacto possível ao meio ambiente ao adotar tais ferramentas ambientais.

Possuindo o setor couro-calçadista grande representatividade devido ao impacto ambiental na geração de resíduos sólidos e da poluição ao meio ambiente, esse setor na visão de Cândido et al. (2010), constitui um expressivo segmento sócio-econômico brasileiro, pois além do atendimento ao mercado interno, é no mercado externo que o setor de peles e couros vem demonstrando expressividade, ocupando uma posição destacada na pauta de manufaturados do País. Por isso, torna-se relevante desenvolver ações ambientais praticadas junto as indústrias e empresas do setor de couro e calçados para a otimização dos recursos utilizados, e minimizar os impactos ambientais do setor de couro e calçados.

Ulfat et al. (2021) citam que o couro é uma pele animal que passou por processos de limpeza, de estabilização dada pelo curtimento e de acabamento para a confecção de calçados, peças de vestuário, revestimentos de mobília e de estofamentos de automóveis, dentre outros artigos. No entanto, esse processo de produção gera poluição e ela ocorre pela ineficiência dos processos industriais, em que o fundamental é conseguir compatibilizar a produção industrial com a conservação do meio ambiente. Porém, para a adoção dos processos de tratamento de efluentes líquidos, devem ser levados em consideração a legislação ambiental da região, a cultura local, o clima, a localização da firma, a qualidade do efluente gerado, a geração de odor, a população vizinha, a quantidade de lodo gerado na estação de tratamento e o possível reuso dos efluentes tratados (Cândido et al., 2010).

Os resíduos da indústria calçadista, principalmente os resíduos de couro são considerados altamente perigosos, tóxicos pelo fato de que contêm cromo hexavalente. Na produção do couro, são gerados efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas (Bassotto, 2004).

O processamento convencional de 1 ton de peles salgadas gera apenas 250 kg de couros acabados, proporcionando um rendimento médio de 22,5 % do processo, por outro lado, além de outras emissões, o processo gera até 1.000 kg de resíduos sólidos, devido à incorporação de materiais necessários para realização do processo de curtimento, o que denota um potencial de impacto ambiental significativo (IPPC, 2003).

A lei nº 12.305/2010, é a principal lei ambiental brasileira, e estabelece a política nacional de resíduos sólidos, conservando a lei nº 9.605/1998, que determina as sanções

penais e administrativas às condutas ilegais em relação ao meio ambiente e expressam que pessoas físicas podem ter que arcar com multas que variam de R\$50,00 a R\$500,00, dependendo da gravidade da infração, sendo estas multas aplicáveis a casos como não separação do lixo, descarte de resíduos em vias, rios, lagos, entre outros (Brasil, 2010).

Pessoas jurídicas, por sua vez podem sofrer com multas que variam de R\$500,00 a R\$ 2 milhões, além do mais, pode haver responsabilização penal dos responsáveis pela ação criminosa, sendo que a lei considera a reclusão de seis meses a um ano para crimes não intencionais e de um a seis anos para crimes intencionais (Brasil, 2010).

O aproveitamento dos rejeitos provenientes de atividades industriais é uma alternativa que vem sendo amplamente utilizada, na tentativa de reduzir os custos para a destinação do rejeito, assim como os impactos ambientais provocados por eles, não obstante, o reaproveitamento do rejeito da atividade coureira pode ser viável e sua eficácia foi analisada no presente estudo.

3.6. O couro como isolante térmico

A transferência de calor é a passagem de energia térmica a partir de um corpo de temperatura mais elevada para um de temperatura mais baixa, assim definido pela Segunda Lei da termodinâmica, sendo que alguns corpos ou substâncias possuem propriedades que podem vir a facilitar ou dificultar essa passagem de energia, os quais recebem a denominação de bons ou maus condutores térmicos (Halliday, 1993).

A qualidade do couro curtido depende, além do processo de curtimento, da estrutura de colágeno que compõe a peça. Logo, a superfície interna específica do couro expressa o grau de isolamento dos elementos que compõem a estrutura de colágeno e seu valor tem relação direta com a porosidade. A porosidade define importantes propriedades do couro como absorção e passagem de água, capacidade de isolamento térmico, maciez e relação massa-superfície (Osório e Gutterres, 2017).

O processo de beneficiamento do couro gera grande quantidade de rejeitos, os quais são prejudiciais ao meio ambiente, surgindo assim, a necessidade de um descarte adequado ou reaproveitamento desse material. O pó proveniente do polimento e as aparas de cromo têm baixa condutividade térmica, portanto, esse resíduo pode ser utilizado para preparar painéis de isolamento térmico, podendo também ser utilizado na confecção de tijolos, cimento e blocos de gesso (Mujahid et al., 2021).

Considerando a finalidade de avaliar o desempenho térmico do couro, Fernandez (2010) realizou um estudo cujo objetivo foi observar a recuperação do cromo contido nas cinzas provenientes do tratamento térmico de resíduos de couro por meio de processos metalúrgicos de redução aluminotérmica do óxido de cromo, produzindo uma liga ferrocromo com baixo teor de carbono e com bom desempenho térmico.

Kiliç et al. (2021) mostraram que a incorporação de 30% de fibra residual de couro adicionada a compósitos de Polietilenos de alta densidade (HDPE) diminui a condutividade térmica das amostras compostas em 17% em comparação com as amostras de HDPE puras e esses compósitos não apresentaram degradação térmica durante o ciclo de processamento.

Hes et al. (2018) realizaram um estudo de resistência térmica, condutividade térmica e sensação de contato térmico (absorvência térmica) de 10 amostras de couro de boi e 5 de couro artificial utilizadas para os móveis estofados. Os ensaios utilizaram as amostras tanto no estado seco quanto úmido e verificaram que com o aumento da umidade relativa das amostras, sua resistência térmica diminui rapidamente, e a sensação de frescor aumenta.

Diante disso, verifica-se que aplicação do couro em diversos locais é pertinente quando se deseja promover uma boa resistência mecânica e um bom desempenho térmico em materiais diversos.

3.7. Utilização do rejeito do couro como agregado em materiais de construção

Com vistas a minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte de diversos rejeitos provenientes das atividades industriais, esses materiais têm sido amplamente utilizados como agregados nos materiais de construção, lhes conferindo, várias vezes, um maior desempenho quando comparados aos materiais tradicionais.

Conforme afirma Halliday (1993), alguns materiais possuem maior ou menor facilidade para a realização de trocas térmicas, também chamadas de fluxo de calor o qual é definido pelo fluxo de energia em unidade de área por unidade de tempo, e pode ser expressa em $W.m^{-2}$ (watts por metro quadrado). Este princípio está associado com a lei de Newton do resfriamento, que argumenta que a perda de calor de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre esse corpo e seus arredores.

Já a condutividade térmica é a propriedade do material que indica a sua capacidade de conduzir calor (HALLIDAY, 1993). Isso aparece principalmente na Lei de Fourier

para a transferência de calor, e é medida em $W.(m.K)^{-1}$ pela Norma 15.575 (ABNT, 2013), dessa forma, considera-se isolante térmico os materiais que apresentam condutividade térmica menores ou iguais a $0,065 W.(m.K)^{-1}$.

Dessa forma, considerando o couro um mau condutor térmico, alguns trabalhos de pesquisa foram realizados visando analisar seu desempenho como agregado aos materiais de construção convencional. Vidaurre-Abizu et al. (2021) analisaram o desempenho acústico de painéis constituídos por aparas de couro e diferentes ligantes, e, após uma análise do comportamento mecânico, os resultados mostraram coeficientes próximos aos dos painéis de cortiça ou carpetes.

Ulfat et al. (2021), realizaram estudos térmicos de painéis confeccionados a partir da mistura do pó proveniente do lixamento do couro em sua fase de acabamento. Os resultados sugeriram que os painéis podem ser usados como placas de isolamento térmico no setor da construção e ajudarão na reciclagem de resíduos produzidos pela indústria do couro e, conseqüentemente, promoverão a redução da poluição ambiental.

Barbanera et al. (2020), analisaram a viabilidade de painéis de isolamento acústico e térmico produzidos com aparas de couro provenientes da atividade industrial que utilizam o couro como matéria prima e polivinilacetato, pressionando a pasta formada por essa mistura em um molde por meio de um processo mecânico. Os resultados obtidos confirmaram o seu potencial isolamento térmico e acústico quando utilizado nas construções de edificações diversas.

Lakrafli et al. (2013), analisaram o potencial de aplicação de dois resíduos de couro (aparas e pó de polimento) e dois resíduos de carpintaria (aparas de madeira e serragem) como materiais alternativos de isolamento térmico de construção e, observaram que as medições de condutividade térmica mostram claramente que esses resíduos sólidos industriais podem competir com outros materiais isolantes e seu uso pode ser viável no ramo da construção.

Marconi et al. (2020), analisaram o reaproveitamento de rejeitos de couro com foco na produção de um painel de isolamento e a avaliação de viabilidade técnica, demonstraram que o material inovador tem desempenho aceitável para ser aplicado como isolante térmico para construções.

Assim, conclui-se que o uso dos rejeitos provenientes da atividade industrial coureira pode ser utilizada no ramo da construção, visando promover melhorias do desempenho térmico e acústico. Dessa forma, sua utilização deve ser analisada aos materiais de construção convencionais, bem como junto a materiais alternativos.

4. Metodologia

4.1. Localização

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA e no Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), visando analisar o desempenho térmico e acústico de placas de gesso acrescidas de rejeito de couro em pó e em aparas, provenientes das atividades industriais do setor couro-calçadista do SENAI-CTCC localizado no bairro de Bodocongó, no município de Campina Grande-PB.

4.2. Coleta e Desenvolvimento dos Dados

O trabalho foi desenvolvido em 5 (cinco) etapas (Figura 1), sendo a etapa inicial do planejamento, que consistiu na definição dos componentes que serviram de base à pesquisa e foi formada pelas seguintes atividades: definição dos componentes, definição dos processos de preparação das pastas e corpos de prova, definição do percentual de rejeito a ser acrescido nas pastas, definição da caracterização mecânica, acústica e definição da caracterização térmica. Na segunda etapa foi realizado o planejamento da pesquisa, determinando prazos para sua realização. Na terceira etapa foi realizada a caracterização mecânica e constou da realização de testes de resistência à flexão dos corpos de prova. A quarta etapa constou da caracterização térmica dos corpos de prova, sendo realizados ensaios para cálculo do coeficiente de condutividade, além da resistência térmica, transmitância térmica e fluxo de calor. Na quinta etapa realizou-se os ensaios acústicos, visando avaliar a eficácia do isolamento de cada compósito.

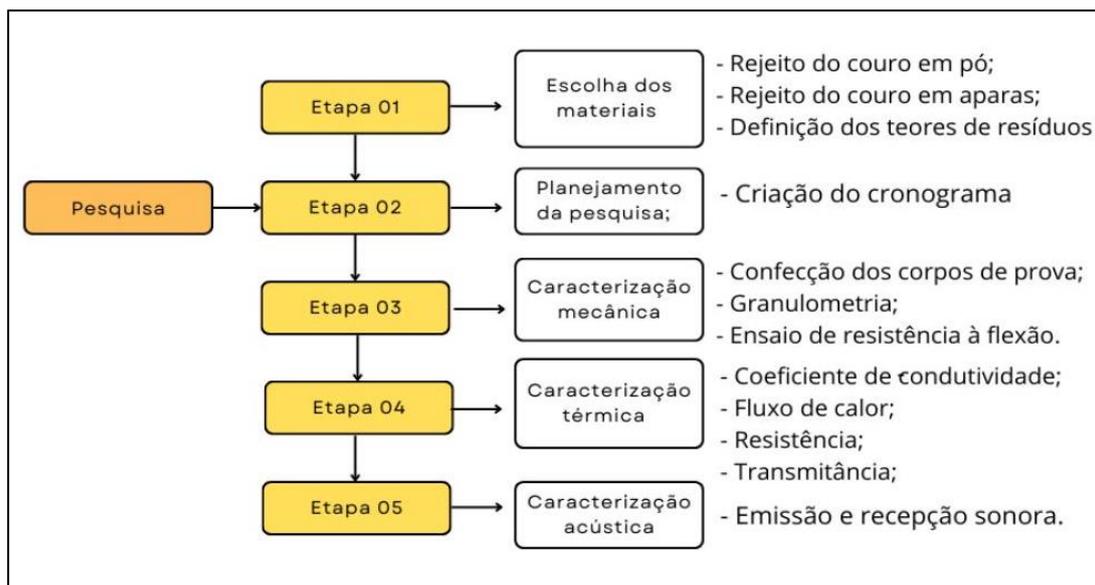


Figura 1. Fluxograma de execução da pesquisa. Fonte: Autor, 2022.

4.3. Materiais utilizados

4.3.1 Gesso

Foi utilizado gesso em pó em razão de seu potencial como isolante térmico e acústico, bem como sua fácil aquisição no comércio, sendo este material estocado em local seco, coberto e fechado, de forma a protegê-lo da ação da água oriunda de chuva, do piso e das paredes externas.

No tocante à análise granulométrica, verificou-se que cerca de 95% dos grãos passaram na peneira 0,21mm, sendo determinado a massa unitária do gesso, a qual apresentou o resultado médio de 712,87 kg.m⁻³, valor obtido conforme orientações da NBR NM23 (2001).

4.3.2. Rejeito de couro

O rejeito utilizado na adição ao gesso foi proveniente do beneficiamento do couro bovino utilizado na atividade couro-calçadista do SENAI-CTCC, localizado no município de Campina Grande-PB. O material foi fornecido em forma de aparas (Figura 2), oriundas do processo de rebaixamento das peles e em pó (Figura 3), oriundo do processo de lixamento das “vaquetas”.



Figura 2. Rejeito de couro em aparas.

Fonte: Autor, 2022.



Figura 3. Rejeito de couro em pó.

Fonte: Autor, 2022.

4.3.3. *Água filtrada*

A água utilizada na produção dos compósitos foi proveniente do sistema de abastecimento público da cidade de Campina Grande-PB, gerenciado pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA.

Visando a obtenção da trabalhabilidade e resistência adequadas, foi definido a utilização de diferentes quantidades de volumes de água na preparação das pastas. A variação do volume de água se deve, também, para manter os valores da relação água por volume seco dos componentes da mistura dentro da mesma faixa.

4.4. *Caracterização física do gesso no estado anidro (pó)*

Para a caracterização física do gesso no estado anidro, foram quantificados a massa unitária, módulo de finura e realizado ensaio de granulometria.

4.4.1. *Procedimentos*

O ensaio de granulometria seguiu as orientações da NM23 (2001), e consistiu em passar uma quantidade de 50 g de gesso, previamente seca em estufa à 40 ± 4 °C, por uma sequência de 4 peneiras, padronizadas pela ABNT, da maior para de menor abertura: 0,84 mm (20#), 0,420 mm (40#), 0,210 mm (70#), 0,105 mm (140#) e, logo após pesou-se a massa de gesso retida em cada uma das peneiras (ABNT, 2017). Essa sequência foi realizada cinco vezes, sendo os resultados calculados com a média das massas que não

diferissem em 5% ou quando os resíduos fossem menores que 2 g. A diferença de massa entre as peneiras não pode ultrapassar 0,1 g, conforme a NBR 12127 (1997).

A massa unitária é a razão entre a massa não compactada do material e o volume do recipiente e para determinação de seu valor, deve-se seguir as prescrições da NBR 12127 (1997).

Essa determinação consiste em passar a amostra de gesso por um funil, até encher um recipiente de volume conhecido (recipiente cilíndrico, de material não corrosivo, com capacidade de 1000 cm³), (ABNT, 2017). Esse processo foi repetido cinco vezes e o recipiente utilizado no ensaio foi um cilindro e com valores de raio e altura conhecidos, obteve-se o seu volume conforme a Equação 1.

$$V = \pi r^2 h \quad (1)$$

O módulo de finura foi calculado pela soma das percentagens cumulativas mantidas em peneiras padrão e dividindo a soma por 100. Mudanças significativas no tamanho de grãos têm importante demanda de água e, portanto, impacta a trabalhabilidade. O Módulo de finura foi calculado aplicando a Equação 2, conforme a ABNT, (1991).

$$MF = \frac{\sum Ra}{100} \quad (2)$$

Onde:

MF: módulo de finura e

$\sum Ra$: somatório do percentual retido acumulado em cada peneira da série-padrão.

De acordo com as normas vigentes, os testes obedeceram às orientações pré-estabelecidas e os resultados foram usados para a conclusão desse ensaio.

4.5. Caracterização física dos rejeitos

Com base nas normas utilizadas para a caracterização física do gesso, as mesmas condutas foram estabelecidas durante a caracterização dos rejeitos, sendo, dessa vez, considerados apenas a massa unitária de cada tipo de material.

4.6. Confeção dos corpos de prova para o teste de flexão

Para produção do compósito a consistência e tempo de pega em relação ao fator água/gesso utilizado são propriedades determinantes. O preparo da pasta é uma etapa decisiva para as definições de propriedades da matriz de gesso, sendo importante controlar adequadamente a forma de preparo a fim de garantir a qualidade do produto.

A preparação foi realizada manualmente, conforme NBR 12.128 (ABNT, 1991), seguindo as seguintes etapas: separação da água - polvilhamento do gesso em pó sobre a água durante 1 min - descanso da mistura por 2 min - mistura dos materiais por 1 min.

Definiu-se que as diferentes composições dos tratamentos a serem estudados correspondem às misturas envolvendo gesso e rejeito de couro apresentado como pó e como aparas (Figura 4). As proporções dos elementos utilizados nos compósitos foram definidas em massa.

Para a realização dos ensaios das propriedades mecânicas, térmicas e acústicas foi estabelecido o material de referência composto por um corpo de prova prismático de gesso sem adição de qualquer rejeito. A partir de então, definiu-se 3 (três) compósitos de cada tipo de rejeito a serem avaliados (Figura 5), sendo as dosagens das adições dos rejeitos determinadas a partir das inserções de teores de 2,5; 5,0 e 10,0 % para o rejeito de couro em pó e, 10,0; 15,0 e 20,0% para o rejeito de couro em aparas, referente à massa de partículas do rejeito em substituição da massa de gesso.

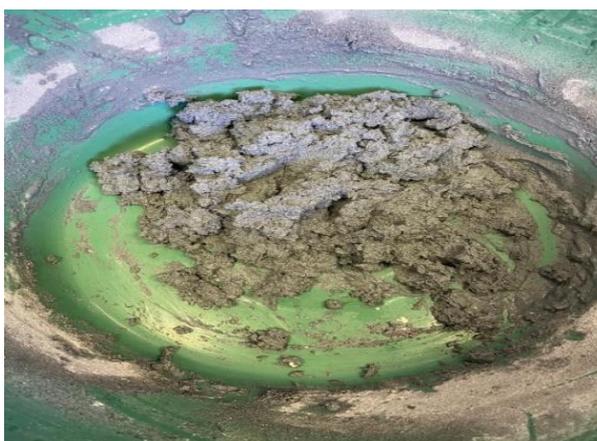


Figura 4. Confeção da pasta base (gesso e rejeito de couro)
Fonte: Autor, 2022.



Figura 5. Corpos de prova confeccionados para análise do teste de resistência à flexão.
Fonte: Autor, 2022.

Para a preparação dos compósitos, foi definido que as massas do gesso e dos rejeitos fossem aferidas em grama e a quantidade de pasta preparada corresponde à necessidade da sua utilização imediata. Para efeito dessa análise, foi definido que os ensaios para a caracterização mecânica, térmica e acústica estariam subordinados a um único fator: a quantidade de rejeito adicionado. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os teores de cada um dos componentes dos compósitos avaliados.

Tabela 1. Composições utilizadas (massa) para os compósitos relacionadas ao rejeito em pó.

COMPOSIÇÃO	TA_R (0%BP)	TAB_2,5 (2,5%BP)	TAB_5 (5%BP)	TAB_10 (10%BP)
GESSO (g)	1500	1500	1500	1500
REJEITO (g)	0	37,5	75	150
Água (ml)	600	750	900	1050

O acréscimo do volume de água, da Tabela 1, ocorreu em razão do aumento do volume do rejeito em pó incorporado ao gesso, de modo a manter constante a relação água e materiais secos da pasta. Por sua vez, a relação água e gesso (ra/c) obedeceu à pesquisa experimental feita por meio do espalhamento por índice de consistência (NBR 12128/2019), observando que esta relação oscilou entre 0,40 a 0,7.

Tabela 2. Composições utilizadas (massa) para os compósitos relacionadas ao rejeito em apara.

COMPOSIÇÃO	TA_R (0%BP)	TAB_10 (10%BP)	TAB_15 (15%BP)	TAB_20 (20%BP)
GESSO (g)	1500	1500	1500	1500
REJEITO (g)	0	150	225	300
Água (ml)	600	600	600	800

O acréscimo do volume de água ocorreu em razão do aumento do volume do rejeito em apara de modo a manter constante a relação água e materiais secos da pasta. Por sua vez, a relação água e gesso (ra/c) obedeceu à pesquisa experimental feita a

partir do espalhamento por índice de consistência, observando que esta relação oscilou entre 0,40 e 0,50.

4.7. Teste de resistência a flexão

Imediatamente após o preparo da pasta de gesso, foi procedida a moldagem de corpos de prova prismáticos para cada uma das 06 composições, sendo três utilizando o rejeito em pó e três utilizando o rejeito em aparta, a desmoldagem ocorreu 48 horas após e a ruptura ocorreu após a cura de 14 dias. Essas amostras prismáticas possuem comprimento de 160 mm, largura de 40 mm e altura de 40 mm, para posteriormente serem submetidos ao teste de flexão.

O teste de resistência à flexão, do tipo destrutivo, caracteriza os materiais considerando a sua capacidade de suportar carga. Para a realização desse ensaio, utilizou-se corpos de prova prismáticos de gesso apoiados sobre dois pontos distando entre si em 100 mm. O rompimento das amostras foi realizado numa máquina universal, marca Emic, modelo DL 2000, submetido a um carregamento contínuo em 50 N.s-1, até ocorrer à ruptura. Na Figura 6 apresenta-se a realização do ensaio de resistência à flexão.

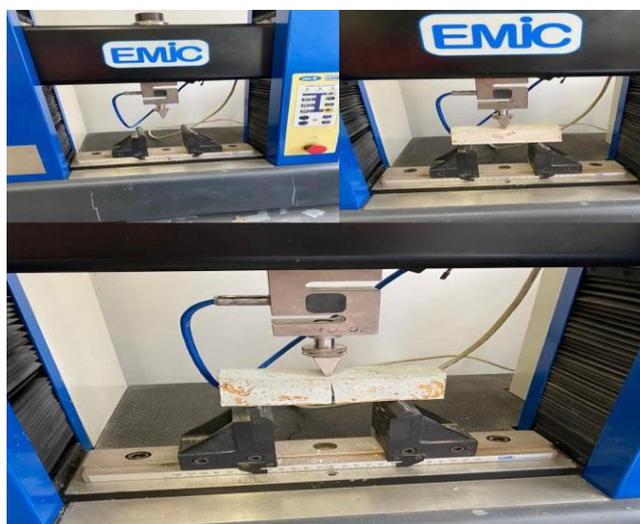


Figura 6. Realização do teste de resistência à flexão.

Fonte: Autor, 2022.

4.8. Teste de desempenho térmico

Para o cálculo da inércia térmica das placas foram utilizados os princípios da transferência de calor, pois, considera-se que a alvenaria das construções retém parte da

energia que flui entre suas faces e que a quantidade retida tem dependência com as propriedades térmicas dos materiais que constituem a parede.

Sendo o gesso um material inviável para ser utilizado na alvenaria externa, ele pode ser utilizado nas paredes de vedação, em revestimentos de teto ou como elemento decorativo, visando a melhoria do desempenho térmico e sonoro. Dessa forma, Souza (2017) considera que o ensaio de fluxo térmico tendo como aparato uma câmara térmica, possibilita a análise do comportamento de materiais alternativos mediante a troca de calor, tornando possível obter significativas variáveis, a exemplo da condutividade térmica.

Todo corpo com temperatura diferente de 0K, emite radiação, sendo assim, foi simulada a emissão solar por meio de uma placa luminosa contendo uma lâmpada incandescente comum de bulbo transparente de 200 J.s-1, colocada dentro de uma câmara térmica que foi confeccionada, tendo em vista que a temperatura no filamento irradiador é em torno de 3.673 K.

Assim, as placas com as dimensões de 19,0 cm de altura x 15,0 cm de largura e 1,0 cm de espessura (Figura 7) confeccionadas com o material estudado foram colocadas em câmara térmica, produzida com material isolante (madeira e isopor), conforme pode ser observado na Figura 8, sendo esta particionada ao meio, local onde se posiciona a placa composta pelo material analisado.



Figura 7. Placas formadas pelos compósitos estudados.
Fonte: Autor, 2022.

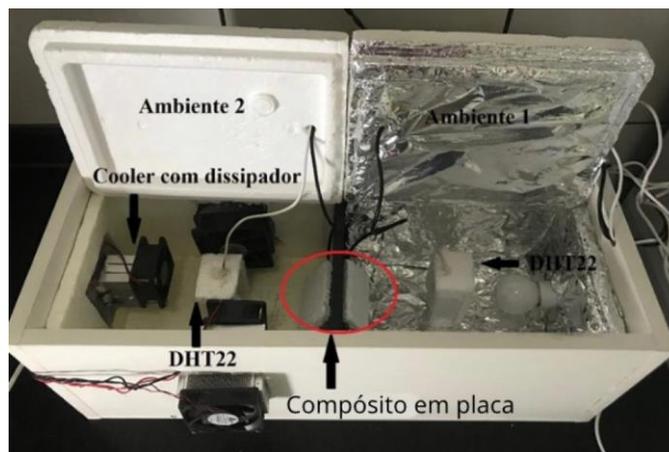


Figura 8. Aparato que simula uma câmara térmica.
Fonte: Autor, 2022.

Dentro e fora da câmara, foram colocados sensores de temperatura acoplados a um sistema de aquisição de dados Arduíno® com a finalidade de coletar e registrar os dados que serão obtidos. O ensaio foi realizado na câmara climática localizada no LaCRA (Figura 9), estando, durante todo experimento, submetida à temperatura de $24,0 \pm 1,0$ °C.

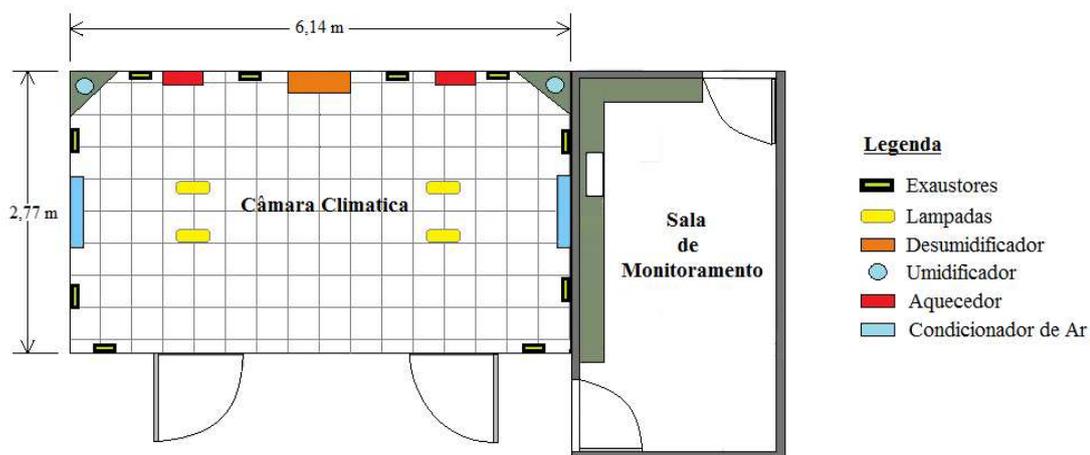


Figura 9. Layout da câmara climática, LaCRA.
Fonte: Autor, 2022.

O protótipo da câmara térmica foi montado em MDF (Medium Density Fiberboard) com dimensões de 56,0 x 23,0 x 20,0 cm e 1,5 cm de espessura, e seu isolamento interno feito por isopor com 1,2 cm de espessura. As placas com rejeito de couro dividiram o protótipo em dois ambientes de dimensões iguais.

Para registro da temperatura do ar foram instalados na parte central de cada ambiente interno à câmara térmica, sensores de temperatura (DHT22), todos isolados com isopor afim de evitar exposição direta a radiação ou correntes de ar.

Para registro da temperatura superficial das placas utilizou-se o DS18B20, estando posicionados no centro de cada face da placa. Os sensores foram colados na placa com fita isolante e sobre ele foi utilizado isopor e silicone afim de evitar também incidência direta de radiação ou correntes de ar, como pode ser verificado no croqui representado na Figura 10.

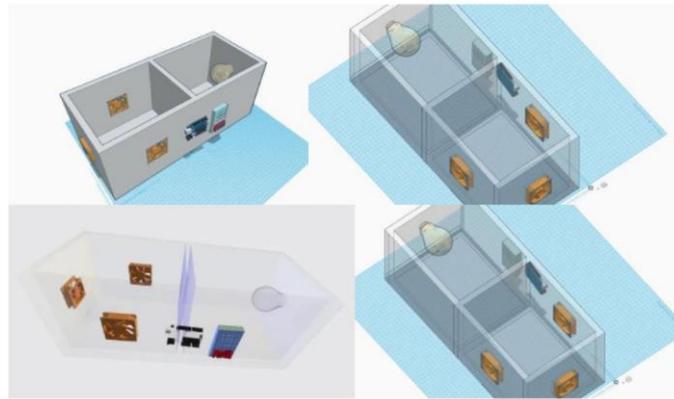


Figura 10. Croqui da câmara térmica.

Fonte: Autor, 2022.

De posse dos valores aferidos, aplicou-se esses valores para a obtenção do fluxo de calor, transmitância térmica, resistência térmica e coeficiente de condutibilidade térmica. Conforme Lamberts et al. (1997), o objetivo principal de um arquiteto/engenheiro na especificação de um tipo de fechamento é evitar as perdas de calor excessivas no inverno e os ganhos elevados no verão. No inverno, considera-se que a temperatura interior é maior que a exterior. Então, segundo o autor, pode-se dizer que o fluxo de calor total por um fechamento é obtido a partir da Equação 03.

$$q = U(t_e - t_i) \quad (03)$$

Onde:

q = fluxo total de calor (W/m^2);

U = transmitância térmica (W/m^2K);

Δt = diferença entre as temperaturas exterior e interior ($^{\circ}C$ ou K).

Foram realizados os cálculos dos parâmetros de desempenho térmico por meio dos procedimentos definidos pela norma NBR 15220-2 (2005), calculando-se a resistência térmica (R) e a transmitância térmica (U).

No verão, por sua vez, a temperatura do ar exterior tende a ser superior à do ar interior e a incidência do sol nos fechamentos opacos pode incrementar o fluxo de calor para dentro do ambiente, assim, o equacionamento do fluxo térmico passa a ser a partir da Equação 04.

$$q = U(\alpha IR_{SE} + t_e - t_i) \quad (04)$$

Onde:

α = absortividade da superfície externa ao fechamento;

I = radiação solar ($W.m^{-2}$);

R_{SE} = resistência superficial externa ($m^2.K.W^{-1}$).

A taxa de transferência de calor (fluxo de calor) por condução é dada pela Equação 05.

$$q_{cond} = -K.A.\frac{dt}{dx} \quad (05)$$

Onde:

q_{cond} = a taxa de transferência de calor por condução (W);

k = o coeficiente de condutividade térmica do material ($W.m^{-1}.K^{-1}$);

A = a área (m²);

T = a temperatura (K);

x = a coordenada de posição (m).

A forma geral da Lei de Fourier (Equação 06) é válida quando o transporte de calor ocorre por condução (Özişik, 1990; Incropera et al., 2008; Moran e Shapiro, 2009).

A transferência de calor por convecção é mantida pelo movimento molecular aleatório e pelo movimento global do fluido no interior de uma camada limite. A equação apropriada para taxa de transferência de calor por convecção é conhecida como Lei de resfriamento de Newton e pode ser expressa pela Equação 06 (Incropera et al., 2008; Moran e Shapiro, 2009).

$$q_{cvc} = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (06)$$

Onde:

q_{cvc} = a taxa de transferência de calor por convecção (W);

h = o coeficiente médio de transferência de calor por convecção ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$);

A = a área (m^2);

T_s = a temperatura da superfície (K);

T_∞ = a temperatura do fluido circundante (K).

Souza (2017) elucida que o “h” (coeficiente médio de transferência de calor por convecção) tem relação inversamente proporcional à resistência externa da superfície, Lamberts, (1997), por sua vez, trata a resistência térmica do material por meio da Equação 7.

$$R = \frac{L}{\lambda} \quad (7)$$

Sendo:

L = a espessura do fechamento e

λ = coeficiente de condutividade térmica do material ($m^2 K/W$).

O inverso da resistência térmica total determina a transmitância térmica (U) ou ainda o coeficiente global de transferência de calor, e foi calculada pela Equação 8:

$$U = \frac{1}{R} \quad (8)$$

Em que:

U = transmitância térmica ($W \cdot m^{-2} \cdot K$);

R = resistência térmica ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$).

De posse dos dados observados, eles foram usados nas Equações 03, 04, 05, 06, 07, e 08 e obtidos os valores do fluxo de calor transmitido para a face oposta, bem como o coeficiente de condutividade térmica, a resistência e transmitância térmica.

4.9. Teste de desempenho acústico

Para análise do desempenho acústico dos compósitos, foram utilizadas placas com 40cm de largura por 40 cm altura e 2,5cm de espessura (Figura 11), confeccionadas com a pasta gesso-rejeito com os teores de 2,5, 5,0 e 10,0% para o rejeito em pó e 10,0, 15,0 e 20,0% em forma de aparas.



Figura 11. Confeção de placas para confecção das caixas acústicas.

Fonte: Autor, 2022.

Confeccionadas as placas, estas foram dispostas de maneira a formar uma caixa (6 placas foram utilizadas para confecção de cada caixa), conforme pode ser evidenciado na Figura 12 e para vedar a junção de cada placa, usou-se espuma expansiva de poliuretano comercializada pela marca Poly®, adquirida no mercado local.



Figura 12. Caixas confeccionadas com os compósitos utilizadas para o teste acústico.

Fonte: Autor, 2022.

Após a montagem de cada caixa, seguindo a metodologia utilizada por Silva (2008), realizou-se o teste de desempenho acústico. Para isso, antes de iniciar o teste, foi aferido externamente o nível sonoro do ambiente com o decibelímetro da marca ICEL manaus® modelo DL-4200. Em seguida, um emissor de som na frequência de 6500Hz foi colocado dentro da caixa a qual foi fechada posteriormente, para que pudesse ser aferido o nível sonoro no ambiente externo durante a emissão do som proveniente do interior da caixa.

As aferições foram realizadas a uma distância de 1,5m de cada caixa, para isso, os decibelímetros foram calibrados e as emissões foram aferidas 38 vezes para cada caixa confeccionada pelos compósitos estudados.

4.10. Análises estatísticas

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, utilizando seis tratamentos, sendo eles: TP2,5% (tratamento com 2,5% de adição de pó); TP5,0% (tratamento com 5,0% de adição de pó); TP10,0% (tratamento com 10,0% de adição de pó); TAP10% (tratamento com 10,0% de adição de aparas); TAP15% (tratamento com 15,0% de adição de aparas) e TAP20% (tratamento com 20% de adição de aparas) em função do teor de rejeito de couro nas composições.

Os dados obtidos foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo considerado que valores inferiores a esse percentual, o tratamento difere estatisticamente. Para o teste de desempenho acústico considerou-se as médias, desvio padrão e coeficiente de variação.

5. Resultados e discussão

5.1. Caracterização física do gesso no estado anidro

Observa-se na análise granulométrica do gesso que cerca de 95% dos grãos passaram na peneira 0,21mm, sendo que a massa unitária apresentou resultado médio de 712,87 kg.m⁻³ (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização física do gesso conforme a NBR 12.127/2019.

Caracterização	Valor	Unidade	Limite
Módulo de Finura	1,33	-	>1,1
Massa unitária	712,87	Kg.m ⁻³	>700

Conforme as orientações da ABNT, o módulo de finura obtido do gesso utilizado foi de 1,33, valor esse maior do que 1,1, caracterizando-o como grosso, conforme a NBR 12.127 (1997).

A antiga edição da NBR 13.207 (1994), apresentava os requisitos para o gesso de construção civil, considerando o seu uso para fundição e para revestimento como sendo fino e grosso em função do módulo de finura e versava que aquele com um módulo de finura superior a 1,10, era classificado como fino e, do contrário, como grosso.

Entretanto, a edição da mesma norma conforme observa-se a ABNT (2017), não utiliza o conceito de módulo de finura como um critério de classificação dos gessos, especificando apenas uma granulometria mínima (porcentagem passante) em certa peneira como requisito de aplicação do gesso de construção civil. Para os gessos para revestimento, solicita-se que tenham, no mínimo, 90 % passante na peneira de abertura de 0,21 mm, o que foi observado nesse ensaio.

A NBR 13.207 orienta que a massa unitária para o gesso de construção deve ter valor maior que 700 kg/m³ (0,7 g/cm³). Grassi (2018) encontrou a massa unitária do gesso na ordem de 700 kg/m³, sendo assim, o resultado obtido nessa pesquisa, corrobora com os resultados obtidos pelo autor, como também com a referida norma. Entretanto, fatores como características do material, condições ambientais e de operação, também podem interferir na massa unitária.

5.2. Caracterização física dos rejeitos

Por falta de normas de caracterização física dos rejeitos, optou-se por seguir o mesmo procedimento utilizado para o gesso e, considerando as massas unitárias dos rejeitos suas determinações se deram mediante as orientações contidas na NBR NM23, onde verifica-se que a diferença da massa unitária do rejeito em forma de pó e em forma de aparas é da ordem de $9,0 \text{ Kg.m}^{-3}$ (Tabela 4).

Tabela 4. Massas unitárias dos rejeitos.

Caracterização	Massa unitária	Unidade
Rejeito em pó	69,0	Kg.m^{-3}
Rejeito em aparas	60,0	Kg.m^{-3}

Esses resultados evidenciam que o material é muito leve e volumoso, o que pode vir a dificultar a sua adição a outros materiais pelo seu grande volume a ser utilizado em percentuais mínimos de adição, conforme foi verificado por Santos et al. (2014) que citam que à medida em que se adiciona serragem de couro à mistura solo-cimento, a massa específica dos sólidos tende a diminuir em função da substituição de um material mais pesado (solo), por um mais leve (couro) e com comportamento mais plástico. Logo, verificou-se que possivelmente, esse fato se repete com a adição desse material ao gesso.

Ulfat et al. (2021) citam que painéis de isolamento térmico a partir da mistura do pó de polimento obtido de resíduos de curtumes com o poliestireno têm valores de densidade de 300 Kg.m^{-3} , resistência à compressão de 6,25 Ton e absorção de água de 7,5% sem degradação de propriedades. Esses valores são referentes aos compósitos e não referentes ao resíduo.

Fugikawa (2002) realizou um ensaio de avaliação de viabilidade do uso do rejeito do couro incorporado a materiais de construção quanto a resistência à compressão, os compósitos apresentaram bons valores de resistência, acima dos requeridos pelas especificações, como valores de 3,5 a 5,8 Mpa, atribuindo esses resultados à densidade do material. Porém, embora alguns autores tenham realizado testes de resistência à compressão, durante esse estudo, optou-se pela realização do teste de resistência à flexão.

5.3. Teste de resistência à flexão

Observa-se nos testes de resistência à flexão que os valores da tensão máxima antes de ocorrer o cisalhamento são inversamente proporcionais aos teores de rejeito adicionados aos compósitos (Figura 13).

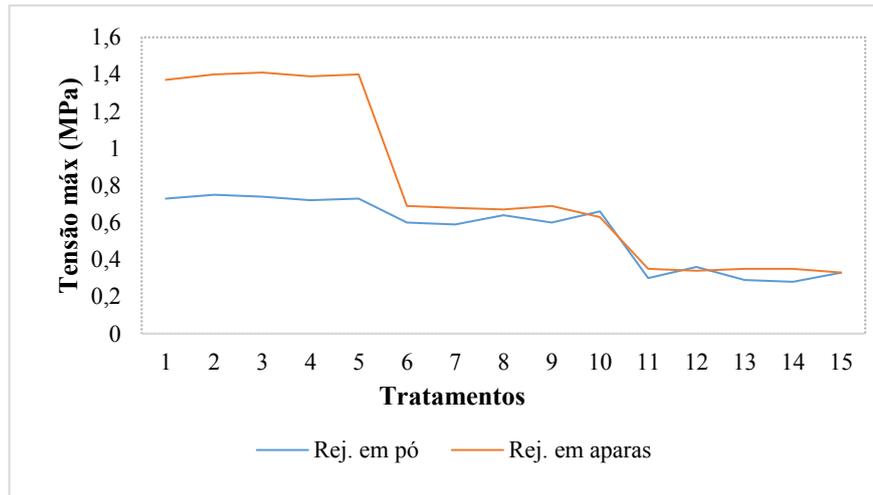


Figura 13. Resistência à flexão dos compósitos estudados.

De acordo com os valores obtidos, considerando o tratamento com adição de 2,5% de rejeito em aparas, ao adicionar 5,0% desse rejeito ao invés dos 2,5%, a resistência à flexão do compósito reduziu em torno de 57% e ao adicionar 10%, verificou-se que esse valor continuou a ser reduzido. Portanto, quanto maior o teor de rejeito menores foram os valores para a resistência à flexão e esse fato pode vir a interferir na qualidade do material quanto à sua resistência, devendo ser comedido o percentual de adição do rejeito ao gesso.

Resultados semelhantes também foram observados por Ulfat et al. (2021) ao produzirem painéis de isolamento térmico a partir da mistura de poliestireno e rejeito do couro em pó, pois observaram que a densidade do compósito foi reduzida para 50% quando 20% de pó de polimento foi adicionado ao poliestireno na presença de agente de expansão, como também a resistência à flexão foi reduzida.

Hittiniet et al. (2019) também encontraram resultados semelhantes no que diz respeito ao teste de resistência à flexão, visto que a adição de rejeito de couro em pó a um percentual de 15% adicionado a argamassa de construção reduziu a resistência do compósito em 36%, atribuindo esse resultado à absorção de água do compósito que foi aumentada em 2,5% criando vazios no corpo de prova.

O efeito da redução da resistência do material sendo inversamente proporcional à adição do rejeito também foi observado por Belém Junior & Barros (1989), que adicionaram rejeito de couro à argamassa de revestimento e gesso e observaram diferenças no tempo de ruptura das matrizes, ou seja, as constituídas com o rejeito demoraram mais para romper, enquanto o corpo de prova com argamassa simples, rompeu diretamente e em menor tempo. Oliveira (2008) também observou esse fato ao analisar a adição do rejeito de curtumes a cerâmicas estruturais, citam que os resultados físicos indicaram a possibilidade de utilização de até 5% de resíduos, com corpos de prova apresentando absorção de água da ordem de 16% e resistência mecânica de 5,9 MPa.

Figikawa (2002) confeccionou diferentes tipos de tijolos: concreto, argila ao forno e de solo-cimento, prensados manualmente com adição de pó e serragem de rejeito de couro e, tais artefatos foram submetidos aos ensaios de resistência, ensaios de solubilização e lixiviação, concluindo que conforme a quantidade adicionada de pó aumenta, a resistência do material confeccionado resulta em valores abaixo do requisitado pelas normas.

Dessa forma, os valores obtidos durante o teste de resistência à flexão dos compósitos dessa pesquisa demonstram que para que os valores do teste sejam semelhantes aos valores exigidos pelas normas relacionadas ao gesso e não comprometa a qualidade do material, a adição dos rejeitos deve ser comedida e sendo necessária a adição de altos percentuais, esses compósitos devem ser submetidos à técnicas ou serem adicionados de outros materiais que visem a preservação da sua qualidade no que tange à resistência.

5.4. Teste de desempenho térmico

O gesso é um bom isolante térmico, devido às suas propriedades físico-químicas (GRASSI, 2018) e, considerando os valores referentes ao teste de desempenho térmico, obteve-se como resultados do fluxo de calor e coeficiente de condutividade térmica dos compósitos estudados, os valores indicados na Tabela 5.

Tabela 05. Fluxo de calor e coeficientes de condutividade.

Tratamento	Fluxo de calor ($J.s^{-1}$)	Coefficiente de condutividade [$W.(m.K)^{-1}$]
TP 2,5 %	257,51±4,50b	0,59±0,001a
TP 5,0 %	261,32±5,34a	0,51±0,001b
TP 10,0%	250,82±3,65d	0,47±0,001d
TAP10,0 %	257,31±4,80b	0,48±0,001c
TAP 15,0%	257,52±4,24b	0,36±0,001e
TAP 20,0%	255,67±3,77c	0,30±0,001f
Testemunha	257,51±4,50b	0,59±0,001a
EPM	4,43	0,001
Valor de P	<.0001	<.0001

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; EPM = erro padrão da média.

Os índices apresentaram efeito significativo em função dos tratamentos avaliados ($P<.0001$), onde observa-se que nos tratamentos utilizando o rejeito em pó, o fluxo de calor apresentou valor mais alto no tratamento TP5% e mais baixo no TP10%, evidenciando que o tratamento TP10% possui maior efeito de isolamento térmico. Peres et al. (2018) complementam que é provável que o baixo valor do coeficiente de condutividade térmica do gesso e a sua forte inércia térmica contribuam para o rebaixamento ou amortecimento da intensidade, com que um fluxo de calor se transfere por meio das superfícies revestidas ou das paredes de gesso.

A testemunha apresentou-se estatisticamente semelhante aos tratamentos TP25% e aos de TAP10% e TAP15% e, comparando a testemunha com o tratamento TP5%, observa-se um acréscimo de 1,48% no fluxo de calor. Comparando com o tratamento de TP10% que é o menor valor com a testemunha, observa-se um decréscimo de 2,60% do fluxo de calor e tais resultados, provavelmente se devem quanto ao teor de adição de água à pasta, pelos vazios formados e pela espessura da placa.

O coeficiente de condutividade apresentou valor mais alto no tratamento de TP2,5% e na testemunha, sendo esses iguais estatisticamente e apresentam-se como sendo os maiores condutores de calor dentre os tratamentos, sendo o menor valor observado no tratamento 20% de aparas. A condutividade térmica é menor quando se introduz 15 e 20% de aparas. Comparando a testemunha com o valor menor (20% de aparas), observa-se redução de 49% na condutividade térmica.

Vale salientar que menores valores de condutividade térmica implicam em maior capacidade de isolamento térmico dos materiais. Para Cravo (2013), esse fator pode ser justificado por um determinante nesta propriedade, que é a condutividade térmica

especifica nas diferentes matérias-primas da mistura. Possivelmente os rejeitos utilizados nesse estudo possuam condutividade térmica diferenciada quanto o resíduo apresentar-se em pó ou em aparas.

Uma vez que o gesso já possui propriedades que lhe permitem ser um bom isolante térmico, Barbosa (2015) encontrou o valor do coeficiente de condutividade de um bloco de gesso reciclado igual a $0,46 \text{ W. (m.K)}^{-1}$ e os resultados obtidos por esse estudo são da ordem de $0,59 \pm 0,001 \text{ W. (m.K)}^{-1}$.

Peres et al., (2008) e apCanut (2016) afirmam que esse coeficiente, no caso específico do gesso, varia com a umidade e com a densidade do material hidratado e seco, e é da ordem de $0,25$ a $0,50 \text{ W. (m.K)}^{-1}$. Dias e Cincotto (1995) acrescentam que essa baixa condutividade é devido a densidade do material, que apresenta grandes vazios.

Sendo assim, no presente estudo, encontrou-se para o coeficiente de condutividade térmica da placa testemunha (gesso sem adição de rejeito), o valor de $0,59 \text{ W. (m.K)}^{-1}$ e a diferença desse valor para o obtido por Barbosa (2015), se atribui ao fato do autor ter utilizado gesso reciclado, diferente do gesso utilizado nesse estudo.

Logo, os resultados obtidos confirmaram que o reaproveitamento de rejeitos de couro na apresentação de pó e aparas incorporados ao gesso podem ser utilizadas para isolamento térmico, por serem tecnicamente viáveis.

No tocante aos parâmetros de desempenho térmico, seus valores podem ser observados na Tabela 6 e o comportamento do gráfico que os representa pode ser descrito a partir da Figura 14.

Tabela 6. Parâmetros de desempenho térmico.

Parâmetros de desempenho térmico		
TR	Resistência $R = e/k$ $(\text{m}^2.\text{K}).\text{W}^{-1}$	Transmitância $U = 1/R$ $[\text{W.}(\text{m}^2.\text{K})^{-1}]$
0%	0,03	29,409
TP2,5%	0,036	27,640
TP5%	0,039	25,597
TP10%	0,042	23,709
TAP10%	0,045	22,227
TAP15%	0,055	18,189
TAP20%	0,067	14,987

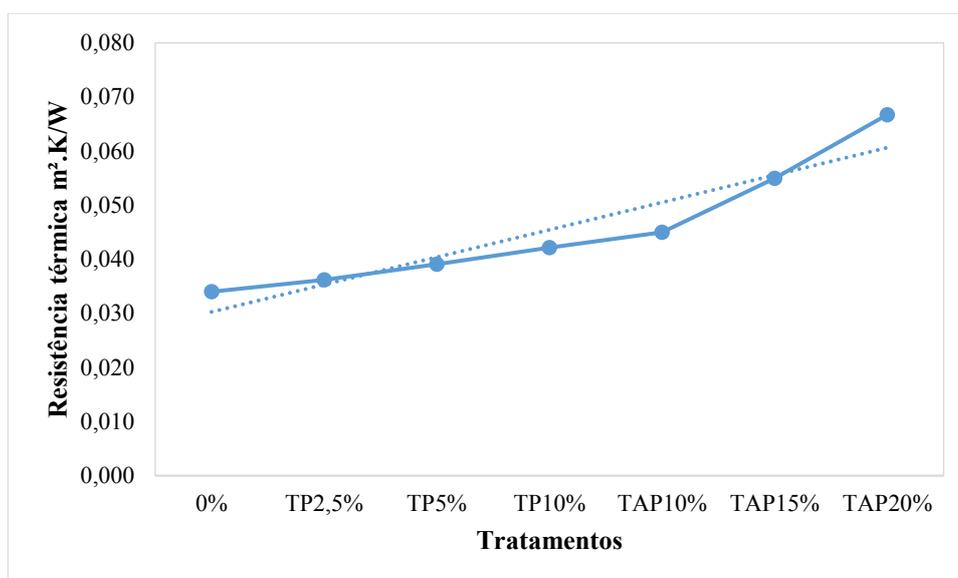


Figura 14. Resistência térmica dos compósitos avaliados.

Sendo a resistência térmica definida por Halliday (1993) como a capacidade de resistir ao fluxo de calor ao atravessar um corpo/objeto, os resultados obtidos nesse estudo evidenciaram que quanto maior o teor de resíduo utilizado para a confecção dos compósitos maior é a sua resistência térmica, sendo esses fatores diretamente proporcionais. Quando comparados os resíduos apresentados em forma de pó e aparas, verifica-se que os compósitos acrescidos de aparas de couro, apresentaram maiores resistência térmica.

Tomando como base a testemunha (sem adição de resíduo), o compósito com teor de 10% de pó possui acréscimo de 25% no valor da resistência térmica. Já o compósito com 20% de teor de resíduo de aparas de couro, possui acréscimo de 96%, o que lhe confere uma melhor opção quanto à escolha entre pó e aparas. Oliveira et al. (2022) obtiveram o valor de 0,031 ((m².K).W-1) para a resistência térmica de um bloco de gesso com as mesmas características da testemunha e metodologia semelhante a utilizada nesse estudo, o qual obteve o valor de 0,034, sendo bem próximo do valor obtido pelos autores citados anteriormente.

5.5. Teste de desempenho térmico

No que concerne ao teste de desempenho acústico, os resultados obtidos para os níveis de ruído em cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7. Níveis de ruído.

Tratamento	Média	CV (%)	Máximo - mínimo
Testemunha	58,19±0,62a	1,07	59,00-56,80
TP 2,5% - aferição externa	54,97±1,13c	2,05	57,00-52,20
TP 5,0% - aferição externa	52,24±1,12d	2,14	54,60-49,80
TP 10,0% - aferição externa	50,60±2,02e	4,00	53,60-45,40
TAP 10,0% - aferição externa	51,90±1,14d	2,20	53,40-48,80
TAP 15,0% - aferição externa	57,02±0,78b	1,37	58,60-55,00
TAP 20,0% - aferição externa	47,57±1,04f	2,20	50,00-45,80
Valor de p	<.0001		

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, vale salientar que antes de iniciar o teste, aferiu-se o nível de ruídos existentes na sala e verificou-se o resultado de 22db e dentro das caixas utilizadas no ensaio, foi colocado um emissor de ruídos, o qual emitia um som na frequência de 6.500Hz sendo aferida a intensidade de 38,13db. Sendo assim, deve-se considerar que os valores aferidos no ambiente externo às caixas no decorrer desse teste, devem ser subtraídos do valor de 22db e dessa forma, tem-se a Tabela 8 com os valores.

Tabela 8. Níveis de ruído considerando a emissão do ambiente.

Tratamento	Média	CV (%)
Testemunha	36,19±0,62a	1,07
TP 2,5% - aferição externa	32,97±1,13c	2,05
TP 5,0% - aferição externa	30,24±1,12d	2,14
TP 10,0% - aferição externa	28,6±2,02e	4,00
TAP 10,0% - aferição externa	29,90±1,14d	2,20
TAP 15,0% - aferição externa	35,02±0,78b	1,37
TAP 20,0% - aferição externa	25,57±1,04f	2,20
Valor de P	<.0001	

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tomando como base os valores corrigidos, os mesmos podem ser exibidos em forma de gráfico, conforme a Figura 15, para melhor compreensão e interpretação dos resultados.

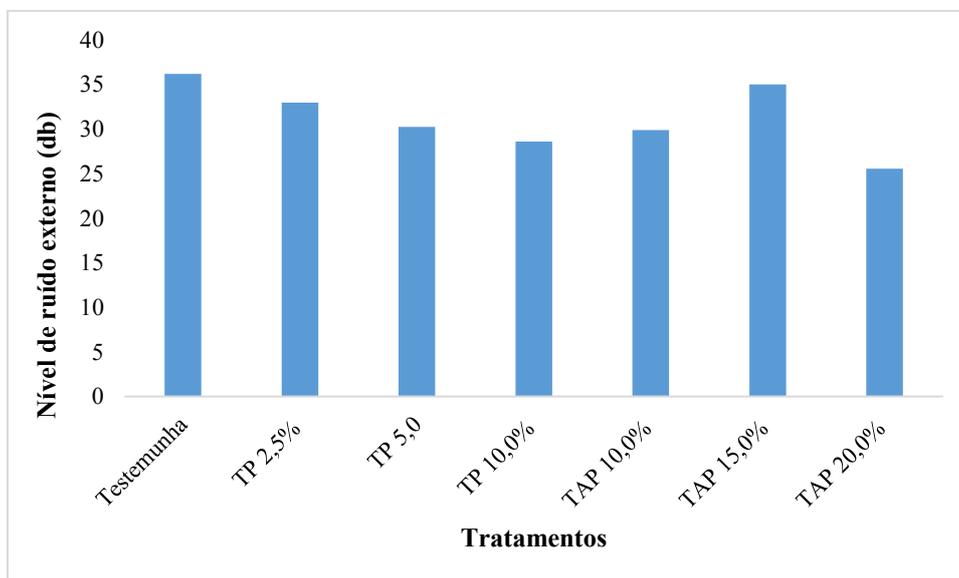


Figura 15. Níveis de ruído.

Peres et al. (2008) e Dias & Cincotto (1995), afirmam que os elementos ou revestimentos de gesso podem contribuir para melhorar a sonorização dos ambientes devido à continuidade dos revestimentos e sua plasticidade. D'Havé (1977) apud Carneiro (1993), afirma que o tipo de revestimento contribui de forma variada para o isolamento de ruídos transmitidos pelo ar e provenientes de impactos.

Assim, com relação aos valores obtidos (Tabela 7), observa-se diferença estatística ($P < .0001$) entre os tratamentos, sendo o que possibilitou maior aferição de ruído a testemunha. O tratamento que possibilitou menor ruído aferido foi o com 20% de aparas, seguido em ordem crescente por tratamento com 10% de pó, 10% de aparas e 5,0% de pó, 2,5% de pó e 15% de aparas. Comparando a testemunha com o tratamento que possibilitou menor ruído aferido, observa-se que houve diminuição de 18,25% nos valores observados.

No tratamento utilizando 20% de aparas, verifica-se que em relação à intensidade do ruído emitido, houve redução de 32,94% da sua intensidade. Entretanto esse valor foi menor em relação ao resultado obtido por Delfino & Santana (2019), na avaliação do uso de rejeitos da atividade industrial coureira na confecção de painéis sanduiche, os quais verificaram que esses rejeitos conferiram um bom isolamento acústico na presença de

uma fonte sonora na frequência de 5.000Hz, a 83,0 db externamente à caixa, sendo aferido no lado interno, 49,4 db, o que ocasionou redução de 42,8% da intensidade do ruído emitido.

Essa diferença de resultados poder ser atribuída ao fato de que o material estudado foi um painel sanduíche e os objetos desse estudo foram caixas formadas pela junção de placas simples. Logo, pode-se afirmar que o rejeito em forma de aparas a 20% de adição, quando utilizado em forma de painéis sanduíches pode oferecer um percentual maior de isolamento acústico podendo ser avaliado em estudos futuros.

Silva e Silva (2004) apud Canut (2016) explicam que a dissipação de energia sonora se processa pelo atrito gerado pela passagem do ar por meio dos poros do material absorvente, que deve ser leve, poroso e de baixa densidade, e que, o isolamento se relaciona também em grande medida com a massa da vedação. Logo, os materiais mais indicados para esta finalidade devem ser densos, para resistir à vibração resultante da incidência das ondas sonoras.

Logo, sendo o gesso um material com essas características e diante dos valores observados nesse estudo, verifica-se que o mesmo pode ser utilizado para proporcionar melhor isolamento acústico às construções.

6. Conclusão

Cerca de 95% dos grãos passaram na peneira 0,21mm e conforme versa a ABNT (2017), o material estudado pode ser utilizado para revestimento, visto que se solicita que tenham, no mínimo, 90% passante na peneira de abertura de 0,21 mm, o que foi observado nesse ensaio.

Os valores da tensão à flexão imediatamente antes de ocorrer o cisalhamento foram inversamente proporcionais aos teores de rejeito adicionados aos compósitos. As propriedades físicas do gesso são afetadas mediante o aumento do quantitativo do rejeito. O acréscimo de TP10,0% é o que possibilita um menor fluxo de calor, observando-se um decréscimo de 2,60% do valor obtido pela testemunha. O coeficiente de condutividade no tratamento de 20% de aparas, propiciou redução de 49% na condutividade térmica. Os tratamentos que ofereceram maior isolamento sonoro foram o TP10,0% e TAP20,0% quando comparados à testemunha.

A partir destas constatações, ficou evidenciado que a incorporação do rejeito em forma de pó e aparas ao gesso para ser utilizado em construções rurais é viável.

Referências

- _____. NBR 13207: **Gesso para construção civil**. Rio de Janeiro, 1994.
- _____. NBR 13867: **Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – materiais, preparo, aplicação e acabamento - procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12127 (MB-3468): **Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas do pó**. Rio de Janeiro. 1991.
- BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A.V.; SANTOS, G.A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido do polo de Araripe. **Cerâmica**. v.60, n.1, p.501-508, 2015.
- BARBOSA, F.C. **Viabilidade do uso de gesso reciclado como matéria prima para a fabricação de blocos com elevado desempenho**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2015.
- BASSOTTO, J. S; BARRETO, M. S.; SEBALLOS, V. G.; PEREIRA, G. K. R.; BIER, C. A. S. **Influence of the Resin Cement Insertion Protocol on the bond Strength of Glass-Fiber Posts**. Journal of Oral Investigations, v.6, n.1, p.42-51, 2014.
- BRANDÃO, C.P. **Compósito de matriz de gesso e reforço de manta de sisal**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, 2015.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Acesso em: 16 de agosto de 2022.
- BURATTI, C. BELLONI, E. LUNGHI, L. BARBANERA, M. Thermal conductivity measurements by means of a new ‘small hot-box’ apparatus: manufacturing, calibration and preliminary experimental tests on different materials. **International Journal of Thermophysics**, v.37, n.5, p.37-47, 2016.
- CÂNDIDO, G. A; SOUZA, E. G. de; AZEVEDO, D. C. F. de; FREITAS, L. S. de; LIMA, V. L. A. de. **Considerações sobre impactos ambientais no setor couro-calçadista em Campina Grande-PB**. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, 2010, p. 74-88.
- CANUT, M.M.C. **Estudo da viabilidade do uso do resíduo fosfogesso como material de construção**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- CRAVO, J. C. M. **Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana à base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões avícolas**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2013.

DANTAS, M. R. T. ; SOUZA JR, J. B. F. ; DOMINGOS, H. G. T. ; TORQUATO, J. L. ; SA FILHO, G. F. ; COSTA, L. L. M. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **Pubvet**, v.6, n.1, p.136-147, 2012.

DELFINO, G.P. **Desenvolvimento de painéis sanduiche com lâminas de pead e núcleo isolante de resíduo industrial do setor calçadista**. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

DENIZ, M. **Microclima e comportamento animal em sistemas silvipastoril com núcleos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. Revestimento à Base de Gesso de Construção. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

FUJIKAWA, E. S. **Incorporação do resíduo “serragem cromada” em materiais de construção civil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, 2002.

GUTTERRES, M. **A Ciência Rumo à Tecnologia do Couro**. 1 ed. Porto Alegre: Tríplice, 2008. 505 p.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 4.a edição, Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1993.

HITTINI, W.; MOURAD, A. H. I. Cleaner production of thermal insulation boards utilizing buffing dust waste. **Journal of Cleaner Productions**, v.236, n.1, p. 1–9, 2009.

HU, Y.; LIU, J.; LUO, L.; LI, X.; WANG, F.; TANG, K. Kinetics and mechanism of thermal degradation of aldehyde tanned leather. *Thermochimica Acta*. **Thermochimica Acta**, v.691, n.1, p.178717, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em 16 de maio de 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em 16 de maio de 2022.

IPPC. **Reference document on best available techniques for the tanning of hides and skins**. Joint Research Centre European Commission. Sevilha: 2003. Disponível em: <http://www.jrc.es/pub/english.cgi/0/733169>. Acessado em: 01 de agosto de 2022.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E.S.; ALMEIDA, R.G.; MESQUITA, E.E.; OLIVEIRA, C.C.; ALVES, F.V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v.60, n.12, p.1933–1941, 2016.

LAKRAFLI, H.; TAHIRI, S.; ALBIZANE, A.; BOUHRIA, M.; EL OTMANI, M. E. Experimental study of thermal conductivity of leather and carpentry wastes. **Construction and Building Materials**, v.48, n.1, p.566–574, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro, 1997. 59 p.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; NASCIMENTO, S. T.; NASCIMENTO, C. C. N.; PEDROZA, H. P.; DOMINGOS, H. G. T. Thermoregulatory responses of goats in hot environments. **International Journal of Biometeorology**, v.59, n.8, p.1025-1033, 2016.

MALHEIROS FILHO, J. R.; CAMERINI, N. L.; SILVA, C. M.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B. **Ambiente de criação de cabras alpinas confinadas no período chuvoso no semiárido paraibano**. In.: Simpósio de Construções Rurais e Ambientes Protegidos – IV SIMCRA. Viçosa: 2012.

MARTINS, C. M. **Determinação das espécies de cromo nas cinzas da incineração de couro wet-blue em reatores de leito fixo e leito fluidizado**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MORAN, MICHAEL J.; SHAPIRO, HOWARD, N. Princípios de Termodinâmica para engenharia. LTC: Rio de Janeiro, 2009. 344p.

NICOLELLA, G.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A. **Sistema de gestão ambiental: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas - SP**. In: Simpósio de Pesquisa, Extensão e Ensino do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal. Espírito Santo do Pinhal: CREUPI, 2004. 124p.

OLIVEIRA, A. L. **Mecanismo termorreguladores de cabras da raça Saanen**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, 2007.

ÖZISIK, M. NECATI. Transferência De Calor. Guanabara: Rio de Janeiro, 1990. 98p.

PEREIRA, B. B.; PEREIRA, H. S. L.; BATISTA, I. H. M.; SOUZA, S. M. A. de. **Práticas de ordem ambiental e otimização do uso de recursos naturais: estudo de caso numa indústria líder do setor têxtil**. In: Recursos naturais: uma abordagem multidisciplinar. Editora Universitária da UFPB, Realize, João Pessoa, 2012.

PERES, L.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. **Gesso: produção e utilização na construção civil**. Recife: SEBRAE. 2018. 120 p.

PINHEIRO, S. M. M.; **Gesso reciclado: avaliação das propriedades para uso em componentes**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, 2011.

RENOFIO, A. **Aproveitamento do resíduo “serragem cromada” na produção de placas para uso na construção civil**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, 2002.

RIBEIRO, A. S. **Estudo e otimização do processo de produção de gesso reciclado a partir de resíduos da construção civil**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

RIBEIRO, K. C. R. **Hidrólise de resíduos de couro curtido ao cromo**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

ROCHA, O. D. S. **Aplicação sustentável da fibra do babaçu como isolamento acústico em painéis de gesso.** In.: XVII Congresso Internacional sobre patologia e reabilitação das construções. Fortaleza, 2021. p. 967-973.

SANTOS, A. M. M. **Panorama do Setor de Couro no Brasil.** BNDES Setorial. Rio de Janeiro: 2002. 241p.

SCHIAVONI, S.; D’ALESSANDRO, F.; BIANCHI, F.; ASDRUBALI, F. **Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.62, n.1, p.988–1011, 2016.

SILVA, M. G. S. **Desenvolvimento de compósitos à base de gesso e pó de fibras de coco.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, 2020.

SILVA, P.R. **Pernambuco (1850 – 1950): cem anos de Reflexão, antes do cluster do gesso.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

SILVA, R. G. **Biofísica ambiental – os animais e seu ambiente.** Funep, 386 p., Jaboticabal, 2000.

SOUZA, C. R. **Avaliação do desempenho térmico de vedações em blocos de concreto produzidos com lã de rocha.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, 2017.

VIEIRA, M. S. **Recuperação do cromo contido nas cinzas provenientes da incineração de resíduos sólidos das indústrias coureira e calçadista visando a obtenção de cromato de sódio (VI).** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

WENZEL, B. M.. **Redução Carbotérmica do cromo contido nas cinzas do tratamento térmico de resíduos de couro visando a obtenção de liga ferrocromo e sulfato de cromo.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

KUMAR, H.; PRASAD, R.; SRIVASTAVA, A.; VASHISTA, M.; KHAN, M.Z. Utilization of industrial waste (Fly ash) in synthesis of copper based surface composite through friction stir processing route for wear applications. **Journal of Cleaner Production**, v.196, n.20, p.460-468, 2018.

JIANG, Y.; DENG, T.; YANG, K.; WANG, H. Removal performance of phosphate from aqueous solution using a high-capacity sewage sludge-based adsorbent. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v.76, n.2, p.59-64, 2017.