

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Chamada 01/2020 - Interconecta - Coordenador de Projeto

1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: CAMPUS-JP

2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: Avaliação de compósitos para uso em sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) expostos à ação de calor	
Grande área de conhecimento: ENGENHARIAS	Área de conhecimento: ENGENHARIA CIVIL
Área temática: Construção civil	Tema: None
Período de execução: Início: 01/04/2020 Término: 31/12/2020	

3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade
--------------	------------

4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: Ulisses Targino Bezerra Matrícula: 274025	Tel.: (83) 3226-7373 / (83) 3612-1300 (ramal: 1300) E-mail: dartarios@yahoo.com.br	Voluntário	DOUTORADO
Nome: Marcos Alyssandro Soares dos Anjos Matrícula: 1372249	Tel.: / (83) 3612-1300 (ramal: 1300) E-mail: marcos.anjos@ifpb.edu.br	Voluntário	DOUTORADO

5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

Resumo
Introdução Sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) são partes do edifício que limitam verticalmente o edifício e seus ambientes internos, controlando o fluxo de agentes solicitantes. A NBR 15.575 (ABNT, 2013) refere-se aos sistemas que compõem edificações habitacionais, buscando atender aos requisitos dos usuários, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

No Brasil, a maior parte dos sistemas de vedação verticais é composta por um conjunto de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, assentados e revestidos com argamassas de cimento ou mista (cimento e cal) produzidas em obra, normalmente sem uma dosagem adequada e nem um controle rígido de qualidade, o que vem acarretando diversas patologias nas argamassas como deslocamento dos revestimentos, esfarelamento, eflorescências, etc.

Esses sistemas, apesar de serem os mais utilizados no Brasil, não apresentam comportamentos térmico e acústico desejados, pois possuem densidade elevada e não apresentam resistências térmica e acústica adequadas. Na Europa e nos Estados Unidos muitos dos sistemas verticais de fechamento são leves e são dotados de isolamentos térmicos e acústicos, melhorando o conforto e o consumo energético das habitações.

Neste contexto, o presente projeto visa avaliar o comportamento térmico e mecânico de compósitos cimentícios leves que podem ser utilizados em sistemas de vedação vertical compostos por placas encaixadas em estruturas metálicas leves galvanizadas, como as utilizadas em drywall, ou mesmo fixados às alvenarias.

Justificativa

O presente projeto contribui para o desenvolvimento da indústria da construção civil, pois busca alternativas ao uso de sistemas de fechamento verticais tradicionais, procurando entender o comportamento desses sistemas sob o ponto de vista mecânico e térmico, cujos estudos ainda são muito incipientes no Brasil e não se aprofundam no comportamento térmico dos sistemas leves. O projeto possui ainda forte contribuição no desenvolvimento regional por utilizar materiais e resíduos regionais para a produção dos compósitos.

A busca pela eficiência energética nas construções e o conforto térmico e acústico das edificações tem se tornado cada vez mais presente, o que é revelado em publicações científicas, técnicas e normativas. No Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2013) trata dos níveis mínimos de desempenhos térmico e acústico, tendo sido um marco importante para a adequação das construções às novas exigências de mercado. No entanto, além dos requisitos mínimos de eficiência térmica e acústica, é necessário o desenvolvimento de construções mais sustentáveis, desde a concepção arquitetônica, passando pelo uso de materiais produzidos com materiais renováveis ou que incorporem resíduos industriais, devido ao problema global sobre a destinação adequada dos resíduos gerados pela humanidade.

Destá forma, para se produzir construções sustentáveis, deve-se buscar a adequação da concepção das construções ao clima que elas estejam inseridas, com uso de materiais com menor impacto ambiental, que utilizem menos energia na produção e no uso do ambiente e que sejam duráveis, reduzindo custos e materiais para reparo. Diversos estudos foram realizados no sentido de procurar materiais com menor impacto ambiental (TEIXEIRA et al., 2019; CUENCA-MOYANO et al., 2018; KURDA et al., 2018), a preocupação unânime é a de se reduzir a energia de produção e uso, reduzindo o impacto no meio ambiente.

Portanto, existem diversas lacunas a serem resolvidas na avaliação de sistemas verticais. Destacam-se, aqui, algumas:

- Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica para as soluções mais comuns utilizadas na nossa região (sistemas de vedação em blocos cerâmicos com argamassa), pois não existem dados sistematizados para os materiais locais;
- Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica para os materiais leves mais comuns utilizadas na nossa região, sistemas de vedação em drywall com placas de gesso e cimentícia;
- Desenvolver novo compósito a base de resíduo de EVA para utilização em SVVIE;
- Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica do sistema com EVA; e
- Comparar as diversas soluções utilizadas.

Fundamentação teórica

Segundo o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2009), os edifícios são responsáveis por 40% do consumo de energia global. Em torno de 70% do consumo de energia de um edifício ocorre durante o uso em processos de refrigeração, aquecimento e iluminação, e 25% das emissões de gases de efeito estufa são gerados durante os diversos processos envolvidos na construção civil (LI et al., 2019), sendo que o processo de refrigeração dos edifícios é um dos principais responsáveis pela baixa eficiência energética em países tropicais e outras regiões temperadas no verão (WU et al., 2017).

Segundo Zeng et al. (2018), compostos à base de cimento leves e isolantes térmicos com excelentes propriedades mecânicas são urgentemente necessários para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis com economia de energia. Os materiais à base de cimento Portland continuarão a predominar nas construções devido a economias referentes à escala de produção, níveis de otimização de processos, disponibilidade de matérias-primas e confiança do mercado. Nesse sentido, a redução de emissões globais

de CO₂ com uso de materiais cimentícios terá como base o uso de substitutos parciais para o cimento, com uso mais eficiente de argamassas e concretos (UN ENVIRONMENT *et al.*, 2018).

Neste contexto, diversos trabalhos têm buscado desenvolver materiais de construção mais sustentáveis com desempenho térmico e acústico melhorado. Wu *et al.* (2017) avaliaram compósitos leves com uso de microesferas ocas produzidas a partir da combustão do carvão em usinas termoelétricas e verificaram que a condutividade térmica desse compósito é 80% inferior a um concreto de peso normal de mesma resistência mecânica.

Compósitos à base de cimento incorporando aerogel, produzidos a partir de casca de arroz de resíduos agrícolas, mostraram-se ser excelentes isolantes térmicos. Estes compósitos apresentaram densidades 50% inferiores ao compósito cimentício de controle e redução de cinco vezes da condutividade térmica (ABBAS *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o presente projeto visa avaliar compósitos cimentícios produzidos com agregados leves provenientes de resíduos, como o resíduo de borracha, comparando o desempenho mecânico e térmico desses materiais com as soluções tradicionais de placas de gesso e cimentícias comerciais.

Objetivo geral

Geral

Propor e avaliar o desempenho térmico de uma nova formulação de compósito para sistema de vedação vertical leve. Este compósito será utilizado em sistema para uso como placa de drywall não convencional.

Específicos

- Produzir sistemas de vedação vertical com o sistema convencional de alvenaria cerâmica com argamassa mista de cimento, cal e areia;
- Montar sistemas de vedação vertical com o sistema convencional em gesso para uso como drywall;
- Desenvolver sistemas compósitos com uso de bambu triturado;
- Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica para os sistemas convencional e compósito;
- Determinar as propriedades mecânicas para os sistemas convencionais e compósito de EVA; e
- Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica e durabilidade para os sistemas convencional e compósito após choque térmico.

Metas

- 1 - Produzir sistemas de vedação vertical com o sistema convencional de alvenaria cerâmica com argamassa mista de cimento, cal e areia
- 2 - Montar sistemas de vedação vertical com o sistema convencional em gesso para uso como drywall
- 3 - Desenvolver sistemas compósitos com uso de bambu triturado
- 4 - Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica para os sistemas convencional e compósito
- 5 - Determinar as propriedades mecânicas para os sistemas convencionais e compósito de EVA
- 6 - Determinar os parâmetros de condutibilidade térmica e durabilidade para os sistemas convencional e compósito após choque térmico

Metodologia da execução do projeto

1. Materiais

Serão utilizados os materiais descritos a seguir. Todos os materiais já estão disponíveis no laboratório de materiais de construção civil do IFPB, da UFRN e da UFPB, instituições parceiras deste projeto:

- Cimento Portland (CP);
- Agregado miúdo convencional (AM) – areia fina;
- Agregado miúdo leve (AML) – bambu triturado;
- Aditivo químico;
- Placas de gesso acartonado comerciais empregadas no sistema *drywall*; e
- Placas cimentícias comerciais empregadas no sistema *steel frame*.

2. Métodos

O projeto está dividido em quatro etapas com suas respectivas metas físicas, conforme descrição seguinte.

Etapa 1: montagem dos sistemas convencionais e obtenção dos agregados leves

Serão montados os sistemas de vedação convencionais:

Sistema de alvenaria e argamassa: Será montada uma mini-parede com dimensões de 50 cm x 50 cm x 13 cm, composta de bloco cerâmico nas dimensões 9 cm x 19 cm x 19 cm, revestida com argamassa de cimento, cal e areia dos dois lados com 2 cm de espessura;

Sistema *drywall* em placa de gesso acartonado comercial: serão cortadas placas de gesso com dimensões de 50 cm x 50 cm x 1,2 cm; e

Sistema *drywall* em placa cimentícia comercial: Será cortado placas cimentícias com dimensões de 50x50 cm² com as espessuras usuais.

Trituração do bambu e seleção dos tamanhos por peneiramento em dimensões inferiores a 4,8 mm.

Etapa 2: desenvolvimento de compósitos leves com uso de bambu

Serão analisadas misturas de cimento e bambu triturado, com o intuito de se determinar a melhor proporção para o compósito.

Será utilizado, inicialmente, uma proporção semelhante à proposta por Beraldo *et al.* (2013), que empregou uma proporção de 1,000:0,375:0,750 (cimento, bambu e água), a fim de determinar se esta mistura é moldável na forma de placa. Caso seja possível, serão determinadas mais duas composições, uma com menor e outra com maior proporção de bambu.

Após encontrar as proporções ideais das misturas cimento:bambu serão executadas placas com dimensões de 50 cm x 50 cm x 2 cm para serem utilizadas em sistemas de vedação vertical.

Etapa 3: avaliação do comportamento físico e mecânico

Propriedades físicas: as propriedades físicas a serem determinadas neste trabalho serão massa específica no estado seco (D_s) e no estado úmido (D_h), absorção de água (W_a) e porosidade aparente (P_a), segundo recomendações do RILEM (1984). Essas propriedades serão calculadas através de relações simples entre a massa do compósito saturado, saturado submerso e seco;

Resistência à flexão: os ensaios de flexão serão realizados também aos 28 dias em equipamento de três cutelos com vão livre $L = 100$ mm e aplicação de carga centrada no sentido da espessura, com deslocamento de travessão constante de 0,5 mm/min utilizando-se uma máquina de ensaio universal. Os espécimes utilizados terão dimensões de 120 mm de comprimento total e largura $b = 36,5$ mm com espessura $e = 6$ mm. Para o cálculo da resistência máxima à flexão e do módulo de elasticidade na flexão, utilizar-se-ão as equações $f_f = (3PL)/(2be^2)$ e $E_f = (mL^3)/(4be^3)$, respectivamente, com $P =$ carga máxima do ensaio antes da primeira fissura e $m =$ inclinação do trecho linear da curva carga-deflexão (ASTM, 1996). A capacidade de absorver energia estática na flexão é determinada pela área abaixo do gráfico carga *versus* deflexão, até o nível de carga de 40% da carga máxima (de pico) no trecho descendente, de acordo com o proposto pelo RILEM (1984).

Etapa 4: ensaios térmicos

Condutibilidade térmica: o ensaio para a determinação do coeficiente de condutibilidade térmica permite determinar os valores da condutibilidade térmica e da resistência à transferência de calor para materiais de isolamento térmico e outros produtos de construção. Este ensaio será conduzido segundo as normas EN 12664:2001 e ISO 8302:1991. Serão realizados ensaios segundo métodos alternativos, seguindo procedimentos desenvolvidos e testados na Universidade de Coimbra (BRANCO *et al.*, 2014).

Os ensaios de choque térmico com confinamento em ambiente úmido serão realizados com aquecimento das placas em estufa a 80°C, seguidos de resfriamento por acondicionamento das placas cimentícias, placas de gesso, sistemas de alvenaria e placas compósitas em câmara úmida com temperatura ambiente. Este ensaio visa determinar o aparecimento de eflorescências e bolor nas placas, avaliando a durabilidade dos sistemas em ensaios acelerados.

Disseminação dos resultados

Acompanhamento e avaliação do projeto durante a execução

O projeto será acompanhado pelo orientador e pelo co-orientador.

Referências bibliográficas

ABBAS, N.; KHALID, H.R.; BAN, G.; KIM, H.T.; LEE, H.K. Silica aerogel derived from rice husk: an aggregate replacer for lightweight and thermally insulating cement-based composites, *Construction and Building Materials*, vol. 195, 2019, pp 312-322.

ASTM - American Society for Testing and Materials - C 1185/96. Standard test methods for sampling and testing nonasbestos fiber-cement flat sheet, roofing and siding shingles and clapboards. New York, 1996, 7p.

BRANCO, F.G.; PEREIRA, A.; NEIVA, S.; MATEUS, D. Avaliação de sustentabilidade e de desempenho de paredes de Trombe em pedra natural. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. Guimarães, Portugal, Vol. 3, pag. 263-273, 5-7 de Março, 2014.

CUENCA-MOYANO, G. M.; MARTÍN-MORALES, M.; BONOLI, A.; VALVERDE-PALACIOS, I. Environmental assessment of masonry mortars made with natural and recycled aggregates. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 24, 2019, p. 191-210.

KURDA, R.; SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J. Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 139, p. 407-417, 2018.

RILEM Technical Committee 49 TFR, Testing methods for fibre reinforced cement-based composites, v.17, n.102, 15p., 1984.

TEIXEIRA E.R., MATEUS R., CAMÕES A., BRANCO F.G. Quality and durability properties and life-cycle assessment of high volume biomass fly ash mortar. *Construction and Building Materials* 197, 2019, 195-207.

LI, Y.L.; HAN, M.Y.; LIU, S.Y.; CHEN, G.Q. Energy consumption and greenhouse gas emissions by buildings: A multi-scale perspective, *Building and Environment*, vol. 151, 2019, pp. 240-250.

WU, Y.; KRISHNAN, P.; YU, L.E.; ZHANG, M-H. Using lightweight cement composite and photocatalytic coating to reduce cooling energy consumption of buildings, *Construction and Building*

Materials, vol. 145, 2017, pp 555-564.

ZENG, Q.; MAO, T.; HEDONG, L.; PENG, Y. Thermally insulating lightweight cement-based composites incorporating glass beads and nano-silica aerogels for sustainably energy-saving buildings, Energy & Buildings, vol. 174, 2018, pp. 97-110

UN ENVIRONMENT; SCRIVENER, K.S.; JOHN, V.M.; GARTNER, E.M. Eco-efficient cements Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry, Cement and Concrete Research, vol. 114, 2018, pp. 2-26.

6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Início	Término
1	1	Coletar resíduos de RCD para caracterização Realizar a caracterização dos resíduos Foram coletadas amostras na usina de reciclagem Atrevida durante 9 meses e após cada coleta foram realizados os ensaios de caracterização	Valores de massa específica, absorção de água e granulometria		100	Previsto para 01/04/2020 Iniciado em 01/04/2020	Previsto para 31/12/2020 Concluído em 31/12/2020
2	1	Executar sistemas de vedação horizontal autoadensáveis com uso de RCD Foram executados 6 traços com variações nos teores de RCD e moldados corpos de prova	Caracterizar os sistemas no estado fresco e produzir corpos de prova para ensaios no estado endurecido		100	Previsto para 01/05/2020 Iniciado em 01/05/2020	Previsto para 31/12/2020 Concluído em 31/12/2020
3	1	Executar sistemas de vedação horizontal autoadensáveis com uso de RCD Obs: Foram executados 6 traços com variações nos teores de RCD e moldados corpos de prova Sistemas executados e moldados os corpos de prova	Produção de placas e corpos de provas com diferentes traços utilizando RCD		100	Previsto para 01/06/2020 Iniciado em 01/06/2020	Previsto para 31/12/2020 Concluído em 31/12/2020
4	1	Mensurar condutibilidade térmica Os sistemas foram montados, entretanto não foi possível realizar as medições por falta de sensores adequados	Obtenção dos valores de condutibilidade térmica.		100	Previsto para 01/08/2020 Iniciado em 01/08/2020	Previsto para 30/12/2020 Concluído em 30/12/2020
5	1	Realizar ensaios mecânicos de compressão e flexão. Realização de ensaios de resistência à compressão e à flexão dos corpos de prova moldados	REsultados de Resistências à compressão e flexão dos sistemas moldados		100	Previsto para 01/08/2020 Iniciado em 01/08/2020	Previsto para 31/03/2021 Concluído em 31/03/2021
6	1	Ensaio de índices de durabilidade Ensaio de índice de vazios e densidade de massa executados	Obtenção dos resultados de índices de vazios e densidade de massa dos compósitos moldados		100	Previsto para 01/12/2020 Iniciado em 01/12/2020	Previsto para 31/03/2021 Concluído em 31/03/2021

7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	3600.00	3600.00
339020	Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	6000.00	6000.00
449020	Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	6000.00	6000.00
TOTAIS		0	0	15600.00	15600.00

8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	0	0	0
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	3000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
449020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	3000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo A

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
449020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Material de consumo	parcela	1	3000.00	3000.00	Sim
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	Bolsa	mês	9	400.00	3600.00	Sim
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Equipamentos e material permanente	parcela	1	3000.00	3000.00	Sim
TOTAL GERAL					9.600,00	