

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E DO SISAL NA MASSA DE GESSO PARA MELHORIA DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS.

Ana Lúcia Alves de Araújo (1); Mary Williany dos Santos Alves Carlos (2); Felipe Alves da Nóbrega (3); Erveton Victor Silva de Souza (4); Beatriz de Almeida Gomes (5)

(1) Universidade Estadual da Paraíba, analidia.nf@gmail.com

(2) Universidade Estadual da Paraíba, mwilliany@gmail.com

(3) Universidade Estadual da Paraíba, felipealvesec@gmail.com

(4) Universidade Estadual da Paraíba, victor-lp1@live.com

(5) Universidade Estadual da Paraíba, beatrizalmeeida@hotmail.com

Resumo: O crescimento acentuado do setor da construção civil despertou a necessidade por procura de materiais que sejam viáveis economicamente e ambientalmente. O sistema construtivo com alvenaria de vedação em gesso consiste na utilização de blocos ou chapas prensadas industrialmente, estas concedem a obra rapidez, alívio nas fundações e estruturas e economia. A necessidade de modelos sustentáveis de habitação torna viável a utilização de materiais que atendam as demandas construtivas, arquitetônicas e estruturais de uma obra. As fibras naturais, comumente adquiridas por valores irrisórios no Brasil podem ser adicionadas ao gesso propiciando melhorias em suas características físico-mecânicas. Nesta ótica, o presente trabalho visa empreender uma análise comparativa das propriedades físico-mecânicas do gesso convencional e gesso com adição de fibras do bagaço da cana-de-açúcar e do sisal de forma mais rústica, sem tratamento prévio nas fibras e no bagaço e sem a confecção da manta para a parte da fibra. A metodologia consistiu na confecção de corpos-de-prova de gesso tradicional e com adição de fibras de sisal e bagaço da cana-de-açúcar, nos teores variando entre 1% e 3%. Primeiramente, colocou-se no recipiente água na relação água/gesso de 0,75, conforme indicado pelo fabricante e, posteriormente, foi incorporado o pó de gesso, sendo adicionado lentamente e polvilhado sobre a superfície da água. Em seguida acrescentou-se o material de adição nas percentagens correspondentes. Por seguinte, foram misturados até obter homogeneidade. Por fim, os corpos-de-prova e as placas foram produzidas com base em moldes padrões. Comparando com o gesso convencional, obteve-se redução máxima da massa específica na razão de 15,1%, acréscimo máximo nas resistências à flexão e compressão de 7,14% e 15,26% respectivamente.

Palavras-chave: gesso, fibras naturais, construção civil.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado da população urbana houve um grande impacto na infraestrutura de serviços públicos e nas condições de moradia, agora, os investimentos passam a ser maiores na questão de tecnologias construtivas. A necessidade de modelos sustentáveis de habitação torna viável a utilização de materiais que atendam as demandas construtivas, arquitetônicas e estruturais de uma obra.

O gesso para construção civil é um aglomerante pulverulento branco, reciclável, obtido através da britagem e desidratação da gipsita, que é uma rocha constituída predominantemente de sulfato de cálcio – CaSO_4 . O gesso pode ser aplicado de diversas formas, seja em revestimentos,

rebaixamentos ou divisórias. Com relação ao seu resíduo, o gesso é classificado como de CLASSE B, que abrange os materiais considerados como passíveis de serem reciclados, sem que seja na forma de agregado (CONSTITUIÇÃO BRASILEIRA, 2002). O gesso para fundição é utilizado para a fabricação de placas, blocos, divisórias, elementos decorativos e outros, de acordo com a NBR 13207/1994.

Callister (2002), afirma que compósito como qualquer material com múltiplas fases que possua uma proporção significativa das propriedades das fases que o constituem, resultando na melhor combinação de propriedades.

Consoante CUNHA (2012), as fibras vegetais que ainda são pouco exploradas no Brasil, apresentam elevado potencial no que diz respeito à substituição de fibras sintéticas, estas últimas, bastante empregadas na indústria a fim de obter-se materiais compósitos, com desempenho mecânico equivalente.

As fibras naturais são materiais com baixa massa específica, pouca abrasividade, baixo custo e consumo de energia de produção reduzido, se tornando atrativo pela viabilidade de gerar compósitos leves, baixa densidade, com alta resistência ao impacto, baixa condutividade térmica, bom isolamento térmico e acústico, dentre outros (SILVA, 2010).

Como várias fibras naturais são advindas de resíduos da atividade agroindustrial, resultam em um menor custo de produção, quando em comparação às fibras sintéticas, também torna possível a agregação de valor aos produtos agrícolas e favorece a geração de empregos no campo.

Por outro lado, há uma série de desvantagens associadas às fibras naturais incluindo: baixa temperatura de utilização, acentuada variabilidade nas propriedades mecânicas, baixa estabilidade dimensional, alta sensibilidade a efeitos ambientais (variações de temperatura e umidade), influência significativa das condições do solo à época da colheita, do processamento pós-colheita e mesmo da localização relativa da fibra no corpo da planta, além de seções transversais de geometria complexa e não uniforme e, talvez a mais limitante, propriedades mecânicas modestas em relação aos materiais fibrosos sintéticos (FIGUEIREDO, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar e sisal do mundo, com uma ampla diversidade de uso. A produção da cana gera um problema ecológico que é a formação do bagaço de cana-de-açúcar, que é o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil, cerca de 30% do total moído (SILVA, 2007).

Em seu trabalho Peres (2010), diz que o sisal é uma das fibras vegetais mais indicadas para aplicação no reforço de argamassas, bem como, a que possui maior resistência à tração. Sendo uma

das mais investigadas como reforço de materiais compósitos e disponível a baixo custo, já que a planta cresce em ambientes tropicais e com rápida renovação.

Ainda segundo PERES (2006) apud RODRIGUES 2008, p.29, a fibra de sisal apresenta seção transversal arredondada, porém irregular, decrescendo em relação as extremidades livres das folhas. Assim como, a resistência à tração das fibras de sisal também não é uniforme ao longo das mesmas. A combinação desses fatores contribui para elevar a variação das propriedades mecânicas das fibras, influenciando, por sua vez, na qualidade do compósito.

Devido à variedade e quantidade de fibras disponíveis, e principalmente, pela alta resistência mecânica, nos últimos anos, pesquisas sobre seu emprego como reforço de matrizes cimentícias estão sendo amplamente desenvolvidas.

A utilização destes materiais como aditivos na construção, especificamente, na melhoria das características físicas e mecânicas de elementos pré-moldados serve para enriquecer a economia brasileira, além de ser uma alternativa de construção sustentável. Partindo desse pressuposto, esse artigo tem por objetivo analisar as propriedades físico-mecânica, de forma comparativa de corpos-de-prova de gesso sem adição e com adição de fibras do bagaço da cana-de-açúcar e de sisal, nos teores de 1%, 2% e 3% da massa total do pó.

Este trabalho apresenta a primeira etapa de um programa sobre incorporação de fibras naturais à pasta de gesso e tem como objetivo comparar as propriedades físico-mecânicas do gesso convencional e com adição de fibras do bagaço da cana-de-açúcar e do sisal de forma mais rústica, sem tratamento prévio na fibra e no bagaço e sem a confecção da manta para a parte da fibra.

3.METODOLOGIA

Para os corpos de prova foi utilizado o gesso tipo fino para fundição, obtido em uma loja de materiais de construção situada no município de ARARUNA-PB, em sacos a granel de 50 kg.

A fibra de sisal utilizada foi adquirida em um grupo de pequenos agricultores, localizada na cidade de TEIXEIRA-PB. Antes de serem incorporadas ao gesso, as fibras foram desmembradas e cortadas para redução do seu porte. A Figura 1 apresenta as fibras empregadas para produção dos corpos de prova e placas.

Figura 1– Desmembramento das fibras de sisal



Figura 2-Fragmentação do bagaço da cana-de-açúcar



O bagaço da cana-de-açúcar empregado foi adquirido no mercado público da cidade de ARARUNA-PB. Após ser processado na moenda, o bagaço foi transportado para o laboratório, onde ocorreu o processo de secagem em estufa, por aproximadamente 48 horas, a uma temperatura de 60°C. Depois de transcorrido esse período, o mesmo foi fragmentado. A Figura 2 apresenta o bagaço de cana-de-açúcar utilizado para confecção dos corpos de prova.

O estudo foi realizado no laboratório de materiais e geotecnia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, Campus VIII. Os corpos de prova e as placas foram confeccionados, por intermédio da combinação e homogeneização manual, utilizando gesso de fundição, bagaço da cana-de-açúcar e fibra de sisal. Dos quais foram produzidos

testemunhos convencionais, ou seja, sem nenhuma adição, e outros com adição do bagaço da cana-de-açúcar e fibra de sisal nas percentagens de 1%, 2% e 3% da massa total do pó de gesso.

Primeiramente, colocou-se no recipiente, água na relação água/gesso de 0,75, conforme indicado pelo fabricante e, posteriormente, foi incorporado o pó de gesso, sendo adicionado lentamente e polvilhado sobre a superfície da água. Em seguida, acrescentou-se o material de adição nas percentagens correspondentes. A posteriori, foram misturados até obter homogeneidade, e por fim, os corpos-de-prova e as placas foram produzidas com base em moldes padrões.

A determinação da massa específica e resistência à flexão, foi realizada de acordo com a NBR 12775/1992. Foram produzidas placas com dimensões de 600x600 mm de gesso convencional e para cada tipo de adição, com cada percentual incorporado. Determinou-se a massa específica, retirando dois corpos-de-prova, com dimensões de 80x80mm de cada placa, sendo evitadas áreas com deformações. Após a extração dos corpos de prova, realizou-se as medições com paquímetro. Para a o ensaio de resistência à flexão, a prensa de compressão simples foi adaptada para sua execução. Foram retirados quatro corpos de prova de cada placa com dimensões de 120x20mm, sendo submetidos individualmente à carga de ruptura, efetuando-se as medições, após a ruptura do testemunho, na base e a altura nos pontos onde houve rompimento, utilizando o paquímetro.

Figura 3 – Prensa CBR/ ISC Elétrica (SOLOTEST) para os ensaios de resistência à flexão e a compressão simples.



Para a caracterização da resistência a compressão, segundo a NBR MB 3470/1991, os corpos de prova foram confeccionados em moldes cilíndricos de 50 mm x 100 mm, como apresenta a Figura 4. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Figura 4 - Corpos de prova para o ensaio de compressão



Após a moldagem, os corpos-de-prova permaneceram em dessecador por aproximadamente 24 horas. Em seguida, foram submetidos a aplicação de carga contínua até a ruptura. Por fim, efetuou-se a média dos três resultados obtidos.

4.RESULTADOS

Os valores da resistência à compressão e da massa específica são apresentados na Tabela I.

Tabela I – Resistência à compressão e massa específica.

Adição	Resistência à compressão (MPa)	Massa específica (kg/m ³)
Sem	2,54±0,06	1104,97±157,80
1% Bagaço	2,88±0,22	938,12±61,50
2% Bagaço	2,93±0,20	999,64±5,57
3% Bagaço	2,37±0,12	1101,83±51,63
1% Sisal	2,60±0,28	1122,63±8,17
2% Sisal	1,23±0,25	981,93±18,15
3% Sisal	0,60±0,04	1003,79±2,07

Os estudos de Lopes et al (2014) mostram que a incorporação de 15% de resíduo de palmilha à base de EVA no gesso diminuiu a massa específica em 12%, valor muito próximo ao encontrado no presente trabalho, o qual houve uma redução de 15,1% na massa específica com a adição de apenas 1% de bagaço de cana-de-açúcar, o que é de fundamental importância na construção civil, diminuindo a tensão nas fundações. A adição de 3% de bagaço, 1% e 3% de fibras não modificaram a massa específica, fato justificado à difícil homogeneização, falta de aderência e compactação manual da mistura.

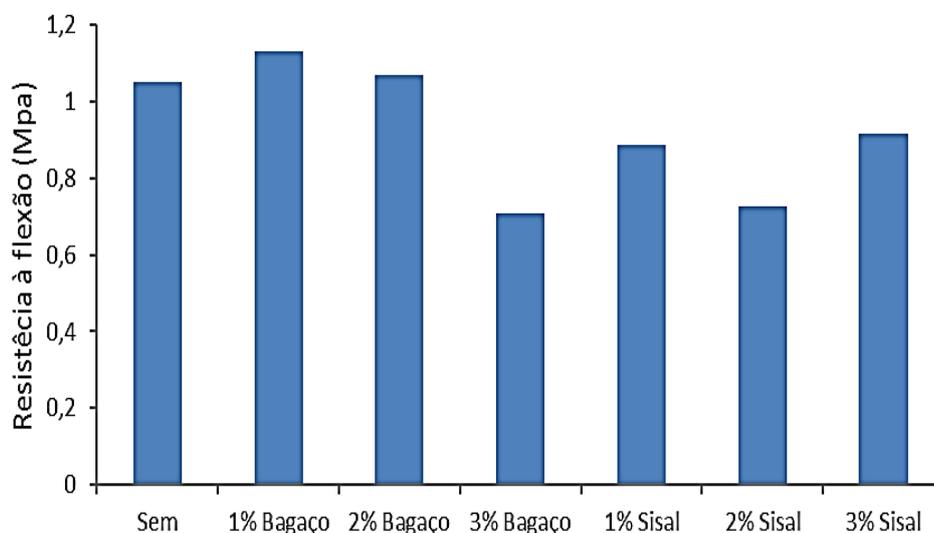
Para a resistência à compressão, com a adição de 1% e 2% de bagaço de cana-de-açúcar, obteve-se um acréscimo de 13,38% e 15,26%, respectivamente, em relação ao gesso sem adição, enquanto Lopes et al (2014) aferiu um acréscimo máximo de aproximadamente 83% na adição de 20% resíduo de palmilha à base de EVA no gesso. Ocorreu um decréscimo de mais de 50% na resistência à compressão na adição de 2% e 3% de sisal, devido o mesmo fato da massa específica, a difícil homogeneização advinda do alto volume de adição que acarretou em um excesso de espaços vazios, que veio a comprometer a resistência à compressão.

Para a resistência à flexão o trabalho baseou-se na NBR-12775/92, que utiliza a Equação 1 para expressar o valor da resistência à flexão, onde P é a carga de ruptura, L é a distância entre os apoios b é a base do corpo-de-prova e h é a altura do corpo-de-prova.

$$R_f = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

Os valores da resistência à flexão para cada tipo de adição são apresentados no gráfico da Figura 5.

Figura 5- Gráfico da resistência á flexão para cada percentagem de adição.



A Tabela II apresenta um resumo das propriedades de algumas fibras.

Tabela II – Resumo das propriedades de algumas fibras.

Fibra	Módulo de Elasticidade (Gpa)	Resistência à tração (Mpa)	Deformação máxima (%)	Massa específica (g/cm ³)
Cana	3,60 ± 1,03	212,27 ± 86,23	9,00 ± 3,00	1,357 ± 0,029
Sisal	13,4 ± 2,3	467,04 ± 125,99	4,00 ± 1,00	1,511 ± 0,097

Fonte: Mota *et al*, 2007 [9].

Com a adição de 1% de bagaço de cana-de-açúcar, obteve-se um ganho de 7,14% na resistência à flexão. De acordo com a Tabela II, o resultado esperado seria de um aumento máximo com o uso do sisal, mas devido problemas de homogeneização e aderência da fibra de sisal, acarretou em uma perda na resistência à flexão.

No tocante ao acabamento final das placas de gesso, foi alcançada uma textura rústica, com contornos que ressaltavam as fibras, principalmente as de sisal, devido ao tamanho e volume, como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Acabamento final da placa de gesso com adição de fibras de sisal



5.CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram uma significativa redução máxima de 15,1% na massa específica, na adição de 3% de bagaço, evidenciando que o uso de resíduos de bagaço da cana-de-açúcar é de grande importância ambiental, além de gerar ganho nas propriedades físicas.

A resistência a compressão obteve um ganho significativo de 15,26% com adição de 2% de bagaço da cana-de-açúcar, porém, diminuiu com aumento no teor de sisal, esse fato advém dos espaços vazios deixados pela má homogeneização da mistura. Na resistência à flexão, com a adição de 1% de bagaço foi aferida um aumento de 7,14%, mas, como também foi verificado para a compressão, ocorreu uma redução nessa propriedade da mistura. O aumento na resistência a flexão advém justamente da adição da fibra, pois o gesso possui baixa resistência à esse esforço, pelo fato de ser um material frágil, rompendo sem formar quase nenhuma flecha se não for usado com uma fibra.

6.AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao professor Dr Daniel Baracuy da Cunha Campos, pela orientação, apoio, confiança e empenho na correção deste trabalho e ao grupo de pesquisa Curimataú eficiente, pelo ambiente criativo e amigável que sempre proporcionou.

7.REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12775**: Placas lisas de gesso para forro – Determinação das dimensões e propriedades físicas. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13207**: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 1994. 1p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR MB-3470**: Gesso para construção – Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991.

BRASIL. Constituição (2002). Resolução nº 307, de 02 de janeiro de 2003. Gestão de resíduos e Produtos Perigosos: legislação ambiental. p. 95-96.

CALLISTER, W.D.Jr. Ciência e engenharia de materiais – uma introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

CUNHA, Paulo Waldemiro Soares. Estudo sobre as potencialidades de compósitos à base de gesso e fibras de coco seco para aplicação na construção civil. 2012. 120 f. Tese (doutorado) – Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

FIGUEIREDO, J.O.G. *et al*, Comportamento mecânico e caracterização morfológica de compósitos poliméricos reforçados com fibra de coco verde. In: 18º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências de Materiais, 2008, Porto de Galinhas.

LOPES, Gabriela Bronca et al. Avaliação da incorporação de resíduos de palmilha à base de EVA – Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] – no gesso acartonado. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 15, n. 23, p.01-04, jun. 2014. Semestral.

MOTTA, Leila aparecida de castro. Caracterização de fibras curtas empregadas na construção civil/ Leila Aparecida de castro Motta, Vahan Agopyan. –São Paulo: EPUSP,2007. 23 p. – (boletim técnico da escola politécnica da USP, Departamento de engenharia de construção civil; BT/PCC/450).

PERES, Maria das Neves Pontes Barata. PERES. **Compósito de argamassa de cimento reforçada por fibra de sisal com entalhe definidos: caracterização mecânica e mecanismo de falha.** 2010. 119 f. Dissertação (mestrado) – Pós -graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

RODRIGUES, JEAN DA SILVA, – Comportamento Mecânico de Material Compósito de Matriz Poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeira. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

SILVA, Humberto Sartori Pompeo da. Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de carauá e híbridos com fibras de vidro. 2010.72 f. dissertação(mestrado)- Curso de engenharia mecânica Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,2010.

SILVA, V. L. M. M., GOMES, W. C., ALSINA, O. L. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2, p.27-32, 2007.