

ANÁLISE DA ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Mary Williany Alves dos Santos Carlos (1); Ana Lídia Alves de Araújo (1); Danielle Gouveia de Araújo (2); Felipe Alves da Nóbrega (3); José Araújo Silva (4)

- (1) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; mwilliany@gmail.com;
(1) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; analidia.nf@gmail.com;
(2) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; adannygouveia@gmail.com;
(3) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; felipealvesec@gmail.com;
(4) Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; jose.araujosilva03@gmail.com;

Resumo: As argamassas são materiais de construção com propriedades de aderência e endurecimento. São obtidas a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais. Sendo estas aplicadas em assentamento de tijolos, revestimento de paredes, regularizações de superfícies, entre outros. Atualmente, o bagaço da cana-de-açúcar é considerado o principal resíduo agrícola brasileiro. Em virtude da facilidade da obtenção desse substrato no Brasil, ocasionou o crescimento nos estudos e no emprego de materiais como inclusão deste, na produção de compósitos propiciada principalmente, pela versatilidade no processamento, baixo custo e as propriedades mecânicas satisfatórias. Nesta linha de pensamento, o presente trabalho visa analisar de forma comparativa a propriedades físico-mecânica da argamassa convencional e com adição de bagaço da cana-de-açúcar. A metodologia empregada consistiu na elaboração de corpos-de-prova de argamassa sem e com incorporação de bagaço da cana-de-açúcar, nos teores de 2%, 3% e 4%, em substituição da massa de agregado miúdo. Os compósitos estudados apresentam queda na densidade de acordo com o aumento de inserção de fibras. É possível notar que o compósito fabricado com 2% de fibra apresentou melhores resultados de resistência à compressão que os demais. Aos 21 dias de cura o valor atingido foi de 5,48 MPa com densidade de 1959,76 kg/m³. Por fim, a inserção de fibras diminuiu significativamente a densidade e aumenta a porosidade do compósito gerando um material mais leve e econômico. Porém as fibras adicionadas no compósito diminuíram a resistência do material devido à má ancoragem da matriz cimentícia na superfície das fibras.

Palavras-chave: argamassa, fibras, bagaço da cana-de-açúcar, compósito.

1.INTRODUÇÃO

Segundo Mesa Valenciano (2004), a biomassa vegetal pode ser tida como um recurso renovável, esta, pode ser representada sob a forma de resíduos industriais, tais como a serragem; ou agroindustriais como o bagaço de cana-de-açúcar e palhas de cereais.

A cana-de-açúcar é um produto agrícola originado do sudeste da Ásia; e é cultivada no Brasil desde a colonização portuguesa. A cana foi trazida para o Brasil em 1532 por Martin Afonso de Sousa, tendo a zona da mata nordestina como a principal região de produção; desde então passou a ter significativa importância para o país (BRASIL, 2007).

A utilização pela construção civil de resíduos gerados em outros setores da economia é vantajosa não apenas em virtude do aumento da atividade industrial e, conseqüentemente, de

subprodutos, mas, sobretudo, devido à redução da disponibilidade de matérias-primas não renováveis, tão necessárias às atividades da construção civil convencional. Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por tecnologia alternativa de construção mais eficiente, econômica e sustentável (Savastano, 2003).

Durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é gerada grande quantidade de bagaço (aproximadamente 30% da cana moída), biomassa de suma importância como fonte energética. (Cordeiro et al., 2008).

Consoante Cordeiro (2006), o bagaço é o resíduo sólido oriundo da extração do caldo durante a moagem da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e álcool. E sua composição química varia de acordo com a espécie cultivada, herbicidas e fertilizantes utilizados e os fatores naturais como clima, solo e água.

Sarmiento (1996) diz que o bagaço da cana-de-açúcar é constituído por um conjunto heterogêneo de partículas de dimensões variando entre 1,00 e 25,00mm (média de 20,00 mm), sendo que a distribuição em tamanho das partículas do bagaço depende, essencialmente, dos equipamentos de preparação da cana e, em nível inferior, dos moinhos e da variedade da cana-de-açúcar.

Ainda segundo Sarmiento (1996), o bagaço de cana-de-açúcar é composto de fibras (43 a 52%), água (46 a 52%) e quantidades pequenas de sólidos solúveis e não solúveis, estes somando 2 a 6%; contudo, sua composição pode variar a depender da qualidade da cana utilizada, tempo de maturação, método e época de colheita, além do processo de extração do caldo.

De acordo com o IBGE (2013), a cana-de-açúcar é produto agrícola mais produzido no estado da Paraíba, assim, o uso de resíduos gerados na sua produção, representa um papel importante de sustentabilidade e integração da sociedade no processo como um todo, desde a produção do álcool, até seu emprego na construção civil.

Consoante Silva (2010), o crescimento nas pesquisas e no uso de materiais como o bagaço da cana-de-açúcar, na produção de compósitos se deve principalmente, a versatilidade no processamento, baixo custo e as propriedades mecânicas satisfatórias. Ademais, o bagaço da cana pós-moagem é de fácil acesso no Brasil.

O bagaço da cana-de-açúcar pode ser considerado atualmente como o principal resíduo agrícola brasileiro, devido à expansão na produção de álcool, sendo que a maior parte do bagaço

produzido é utilizada na própria usina na geração de vapor para o suprimento de energia de seu parque industrial (LORA & NASCIMENTO, 2004).

Assim sendo, nesta linha de pensamento, no presente trabalho propõem-se como uma alternativa viável ao emprego do bagaço da cana de açúcar na produção de compósitos, onde na oportunidade, são apresentados e discutidos os resultados das propriedades mecânicas de um compósito cimentício.

Partindo desse cenário, o presente trabalho analisa de forma comparativa a propriedade de argamassas com a incorporação de bagaço da cana-de-açúcar em percentuais de 2%, 3% e 4%, em substituição da massa de agregado miúdo.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.Materiais

A areia empregada foi obtida em um armazém de material de construção, situado na cidade de ARARUNA-PB.

O cimento utilizado para a análise foi do tipo Portland – CP V – ARI MAX, adquirido em uma loja de materiais de construção situada no município de CAMPINA GRANDE – PB, comercializado em sacos de 40 kg. Na mistura também foi empregada cola branca, a qual funcionou como aditivo, visando melhorar a trabalhabilidade, adesão e homogeneidade do composto.

O bagaço da cana-de-açúcar empregado foi obtido no mercado público da cidade de PATOS – PB. Após ser processado na moenda, o material foi triturado para redução da granulometria das partículas, vale salientar que antes da incorporação deste na mistura, é necessário um tratamento, visando à remoção de impurezas e açucares que possam comprometer as propriedades da argamassa. O tratamento foi executado a partir da submersão do bagaço em água, onde esta foi trocada a cada 24 horas, até completar um período de 4 dias. Em seguida, ocorreu o processo de secagem ao sol por aproximadamente 24 horas. Decorrido isto, ocorreu o processo de secagem em estufa, por aproximadamente 48 horas à uma temperatura de 60 °C. Logo após a secagem, o resíduo foi passado na peneira de 2,36 mm de abertura, sendo utilizado o material passante nesta. A Figura 1 apresenta o bagaço de cana-de-açúcar utilizado para confecções dos corpos de prova.

Figura 1- Bagaço da cana-de-açúcar empregado na confecção dos corpos de prova



2.2.Métodos

O estudo foi realizado no laboratório de materiais e geotecnia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, Campus VIII, situado na cidade de Araruna – PB.

2.2.1.Preparação das argamassas e moldagens dos corpos de prova

Foram confeccionados manualmente, corpos de prova de argamassa com dimensões de 50 mm x 100 mm, conformados em moldes cilíndricos de cano de PVC, e toda a análise foi executada em triplicatas. A preparação das argamassas foi elaborada no traço estabelecido de 1:3 e fator a/c de 048, de acordo com a NBR 7215:1996, como mostra a Tabela 1. Para que a análise fosse realizada, foi efetuada a moldagem de corpos de provas padronizados, sendo alguns corpos convencionais, ou seja, sem adição do bagaço, enquanto outros moldes tiveram a substituição nos teores de 2%, 3% e 4% da fração total de agregado miúdo.

Tabela 1: Quantidade de materiais

Material	Massa para mistura (g)
Cimento Portland	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia fração grossa	468 ± 0,3
Areia fração média grossa	468 ± 0,3
Areia fração média fina	468 ± 0,3
Areia fração fina	468 ± 0,3

Fonte: ABNT 7215 (1996)

Na preparação da argamassa, inicialmente, efetuou-se a mistura do cimento e água com cola branca diluída, ambos em um recipiente. Em seguida, foram adicionadas as frações de areia. Realizou-se uma combinação dos materiais até obter uma pasta homogênea. Posteriormente, foram incorporados os percentuais de bagaço da cana-de-açúcar nos teores pré-estabelecidos, prosseguiu-se o processo de integração do composto até obtenção de uma massa consistente. A Figura 2 mostra a massa da argamassa com teor de bagaço da cana-de-açúcar após a preparação.

Figura 2- Argamssa com o teor de bagaço da cana-de-açúcar



Subsequentemente, os moldes receberam finas camadas de óleo mineral, com objetivo de facilitar a retirada dos corpos de prova dos moldes de PVC. A posteriori, os corpos de prova convencional e o com adição do bagaço foram moldados em 4 camadas uniformes, onde cada camada recebeu 30 golpes de soquete, sendo rasados em seguida.

Figura 3- Corpos de prova de argamassa em moldes de PVC



Após a cura inicial, ou seja, no período de 24 horas, os corpos de provas foram desmoldados, nomeados e pesados. A Figura 4 apresenta os corpos de prova com e sem adição do bagaço da cana-de-açúcar, sendo o molde de coloração escura, a argamassa não-convencional, enquanto o de coloração clara é o de argamassa convencional. Logo após, foram colocados na cura em câmara úmida adaptada, como mostra a Figura 5. Sendo retirados nos estimados dias de ruptura.

Figura 4- Corpo de prova de argamassa após o desmolde



Figura 5- Cura em câmara úmida dos corpos de prova



2.2.2. Ensaio de resistência à compressão

Após os corpos de provas completarem as idades de 3, 7 e 21 dias de cura, foram submetidos, respectivamente, à aplicação de carga contínua até a ruptura na Prensa CBR/ ISC Elétrica (SOLOTEST), destinada para o ensaio de resistência à compressão simples, sendo apresentada na Figura 6. Por fim, efetuou-se a média e o desvio padrão dos três resultados obtidos.

Figura 6 - Prensa CBR/ ISC Elétrica (SOLOTEST) para o ensaio de resistência à compressão simples



3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos da média e desvio padrão da resistência à compressão e da massa específica dos corpos de prova são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores da média e desvio padrão da resistência à compressão e massa específica dos corpos de prova

Adição	Idade (Dias)	Resistência à compressão (MPa)	Massa específica (kg/m ³)
Sem	3	10,30 ± 0,66	2203,12 ± 3,38
	7	11,73 ± 2,18	2148,41 ± 122,11
	21	20,23 ± 1,72	2180,21 ± 34,22
2%	3	3,66 ± 0,41	2006,49 ± 23,27
	7	3,05 ± 0,22	1922,16 ± 39,28
	21	5,48 ± 0,12	1959,76 ± 10,27
3%	3	1,44 ± 0,33	1686,50 ± 34,34
	7	2,38 ± 0,43	1773,54 ± 38,91
	21	1,55 ± 0,53	1704,25 ± 38,58
4%	3	1,21 ± 0,18	1598,01 ± 79,69
	7	1,58 ± 0,26	1624,25 ± 83,45
	21	2,42 ± 0,35	1505,30 ± 51,46

3.1 Densidade do compósito

Os compósitos estudados apresentam queda na densidade de acordo com o aumento de inserção de fibras. Pode-se verificar com a análise variância que apenas a adição de fibras foi significativa na densidade do compósito. Como a inserção de fibras na matriz cimentícia apresenta um aumento de espaços vazios, é natural que a densidade do compósito diminua (CORRADINI, 2014).

3.2 Resistência à compressão

É possível notar que o compósito fabricado com 2% de fibra apresentou melhores resultados de resistência à compressão que os demais. Aos 21 dias de cura o valor atingido foi de 5,48 MPa com densidade de 1959,76 kg/m³, esses valores caracterizam o material como concreto leve NEVILLE (1997), geralmente usados em enchimento e regularização de lajes, câmaras frias e paredes sem fim estrutural.

A perda de resistência provocada pelo uso de fibras de cana-de-açúcar em matriz cimentícia pode ser explicada pelo fato da ancoragem pasta/fibra não ser muito eficiente devido à superfície lisa apresentada pela fibra, favorecendo de certa forma, o enfraquecimento da interface. Fato similar foi observado por SILVA (2013) ao inserir fibras de PET na matriz cimentícia, portanto chega-se a conclusão que há uma ineficácia na combinação de polímero com cimento.

Nos estudos de Nóbrega (2017), foi evidenciado um aumento na resistência á compressão de 15,26% quando adicionado 2% de bagaço de cana à massa, enquanto na argamassa, para esse mesmo teor, obteve-se perda significativa na resistência, portanto é notório que há uma desvantagem quanto a utilização do compósito com argamassa.

A Tabela 2 mostra a redução da resistência dos corpos de prova a medida que aumenta a proporção de bagaço de cana-de-açúcar, o mesmo foi observado por Valenciano, Freire (2004) quando avaliam a adição de cinzas de fibras à tijolos de solo-cimento, no entanto, foram observados por Silva (2010) em seus trabalhos que os resultados de resistência mecânica dos compósitos aumentarão ao longo do tempo, justificando a adição dos mesmos a massa da argamassa.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos revelam que a utilização de fibras naturais como reforço em matriz cimentícia é tecnicamente possível e viável, contribuindo para redução da retirada de matéria prima de fontes naturais não renováveis e promovendo a reciclagem de resíduos agroindustriais, reduzindo assim, o impacto ambiental por eles causado.

A inserção de fibras diminui significativamente a densidade e aumenta a porosidade do compósito gerando um material mais leve e econômico, Porém as fibras adicionadas no compósito diminuíram a resistência do material devido à má ancoragem da matriz cimentícia na superfície das fibras.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia.** Brasília: MAPA/SPA, 2007a. 139p.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto.** 2006. 445f.. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Cordeiro, G. C.; Toledo Filho, R. D.; Fairbairn, E. M. R.; Tavares, L. M. M. **Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars.** Cement & Concrete Composites, v.30, p.410-418, 2008.

CORRADINI, Rodrigo Mário. **A adição de fibras de cana-de-açúcar tratadas com resina fenólica em matriz cimentícia.** Universidade Federal de São João del-Rei. Departamento de Engenharia Mecânica. – São João del-Rei 2014 - Dissertação (mestrado).

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Produção Agrícola Municipal – PAM. 2013.

LORA, E. E. S., NASCIMENTO, M. A. R. **Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação.** Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2 vol., 2004, 1296p.

MESA VALENCIANO, M. D. C.; **Durabilidade de compósitos cimentícios com materiais lignocelulósicos.** 2004. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP, 2004.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p

SARMIENTO, C. R. – **Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização como material de construção**, Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, São Paulo-1996 Dissertação de mestrado.

Savastano, Jr., Warden, P. G. **Special theme issue: Natural fibre reinforced cement composites. Cement & Concrete Composites**, v.25, n.5, p.517-624, 2003.

SAVASTANO, Jr., **Zona de Transição entre fibras e pasta de cimento Portland: Caracterização e inter-relação com as propriedades mecânicas do compósito**. São Paulo, 1992. 249p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SILVA, E. S, BORGES, J.C.S, OLIVEIRA NETO, M.L. **EFEITO DA ADIÇÃO DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR SOBRE AS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PU DE MAMONA**. Anais – CONNEPI, 2010.

SILVA, J. S., **Estudo de concretos de diferentes resistências a compressão submetidos a altas temperaturas sem e com incorporação de fibras de politeraftalato de etileno (PET)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/RN – Natal 2013 – Dissertação de mestrado.