



APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS E DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NA INOVAÇÃO QUÍMICA DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Rebecca Manesco Paixão¹; Natália Cavalini Paganini²; José Eduardo Gonçalves³; Judson Ricardo Ribeiro da Silva⁴

RESUMO: Os tijolos de solo-cimento representam uma alternativa para o desenvolvimento sustentável, uma vez que requerem baixo consumo de energia na extração da matéria-prima, não necessitam do processo de queima e proporcionam a redução de desperdícios e diminuição do volume de entulhos gerados na construção civil. Assim, objetivou-se a produção de tijolos de solo-cimento com resíduos da indústria de álcool e açúcar, da indústria moveleira e também resíduos de PET, conjuntamente com solo arenoso e argiloso e cimento Portland, ambos característicos de Maringá-PR, variando-se as composições. Para avaliar as propriedades e qualidade do material produzido, foram realizadas análises de fluorescência de raios-X, difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura, absorção de água e resistência a compressão. Os resultados mostraram que a incorporação de resíduos reciclados na produção de tijolo de solo-cimento é uma alternativa viável para aproveitamento destes materiais, além de reduzir custos e serem ambientalmente corretos, podendo ser aplicados na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos; Tijolo de solo-cimento; Construção civil.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de materiais obtidos de fontes renováveis ou de reciclagem de materiais e dos respectivos processos se deve ao grande número de possibilidades abertas pelas novas tecnologias para a criação de materiais avançados, a partir de substâncias químicas e matérias-primas bem conhecidas (VIEIRA NETO, 2012; PAULA et al., 2009).

A atividade industrial e agrícola sempre gera resíduos abundantes, em muitos setores. Um exemplo do setor agrícola é a casca do arroz, que já tem sido explorada como fonte de energia (em combustão) e de sílica microparticulada, abundante nas cinzas resultantes da sua queima, que é hoje um importante aditivo de cimentos Portland (SAVASTANO e WARDEN, 2003).

O aproveitamento dos diversos tipos de matérias-primas pela indústria deverá beneficiar-se de desenvolvimentos importantes, gerando produtos novos, que preencham funções desejáveis e necessárias, fabricados por processos brandos e que impulsionem o desenvolvimento econômico e social, em padrões duráveis e, sempre que possível sustentáveis.

Os tijolos de solo-cimento representam uma alternativa com as diretrizes do desenvolvimento sustentável (GRANDE, 2003), pois requerem baixo consumo de energia na extração da matéria-prima, dispensam o processo de queima e reduzem a

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – PR. Bolsista do Programa de Indução de Bolsas da UniCesumar (PROIND). beccapaixao@hotmail.com

² Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – PR. natalia_cavalini@hotmail.com

³ Orientador, Doutor, Docente do Programa de Mestrado em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – PR. jose.goncalves@unicesumar.edu.br

⁴ Coorientador, Mestre, Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – PR. judson.silva@unicesumar.edu.br



necessidade de transporte, uma vez que os tijolos podem ser produzidos com solo do próprio local da obra; outro aspecto é a possibilidade de racionalização do processo construtivo, por meio do uso de tijolos modulares, que possibilitam o uso das técnicas empregadas na alvenaria estrutural, proporcionando redução de desperdícios e diminuição no volume de entulho gerado; deste modo, propiciam maior rapidez no processo construtivo; economia de materiais e de mão-de-obra; eliminam as passagens de tubulações pelas paredes, visto que os tijolos possuem furos que ficam sobrepostos no assentamento e formam dutos por onde são passados os fios e as tubulações hidráulicas; e reduzem o consumo de argamassas de assentamento e de regularização (SOUZA, 2006).

As diferentes fontes de matérias-primas renováveis e abundantes apresentam-se em diferentes estágios de aproveitamento, de conhecimento e de desenvolvimento científico e tecnológico. Desta forma, associamos algumas destas matérias-primas na elaboração de blocos de tijolos solo-cimento que agreguem propriedades de leveza aliadas a resistência e durabilidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Na produção do bloco de tijolo ecológico (solo-cimento), foram utilizados materiais como: solo arenoso e solo argiloso, fornecidos pela Cerâmica Florai (Florai – PR), a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) pela Usina Santa Terezinha (Maringá – PR), o PET pela empresa Procpet (Maringá – PR) e o pó de serra pela Marcenaria La Vita Móveis (Maringá – PR), além do cimento Portland, tipo de cimento normalmente comercializado em Maringá-PR e que possui propriedades satisfatórias para confecção de tijolos de solo-cimento. Estes foram produzidos em blocos cilíndricos com dimensões de 5 cm (largura) x 20 cm (comprimento) x 5 cm (altura). A Tabela 1 descreve as porcentagens das matérias-primas utilizadas na produção dos tijolos de solo-cimento.

Tabela 1: Composição da mistura (em %) do tijolo de solo-cimento.

Código	Composição da mistura
1	50% solo arenoso + 50% solo argiloso
2A	45% solo arenoso + 45% solo argiloso + 10% cimento
2B	40% solo arenoso + 40% solo argiloso + 20% cimento
2C	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 30% cimento
3	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 30% cinza
4A	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 20% cimento + 10% cinza
4B	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 10% cimento + 20% cinza
5A	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 30% cimento + 20% pó de serra
5B	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 20% cimento + 10% pó de serra
6	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 30% cinza + 10% pó de serra
7A	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 20% cimento + 10% pó de serra + 10% cinza
7B	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 10% cimento + 10% pó de serra + 10% cinza
8A	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 20% cimento + 10% cinza + 10% pet
8B	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 10% cimento + 20% cinza + 10% pet
9A	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 20% cimento + 10% cinza + 10% pet
9B	35% solo arenoso + 35% solo argiloso + 10% cimento + 20% cinza + 10% pet
10A	30% solo arenoso + 30% solo argiloso + 10% cimento + 20% cinza + 20% pet
10B	30% solo arenoso + 30% solo argiloso + 10% cimento + 20% cinza + 10% pet



2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

As medidas de fluorescência de raios-X para a determinação de silício, ferro e outros elementos nos materiais produzidos foram feitos em um espectrofotômetro TRACOR Northen 5000 equipado com janela de berílio em câmara de vácuo (0,7 Torr).

Para o ensaio de absorção de água por imersão, seguiu-se a metodologia proposta pela NBR 12118/2010, que determina os procedimentos para verificar a absorção de água para blocos de tijolo e concreto de alvenaria.

Para a análise de microscopia eletrônica de varredura, as amostras foram coletadas da superfície de fratura dos materiais obtidos, rompidos nos ensaios à compressão com idade de 28 dias. Estes materiais foram colocados sobre a superfície de uma fita dupla fase aderida ao porta amostra de alumínio. Em uma segunda etapa foi depositado sobre as amostras uma fina camada de substância condutora (ouro) através de um metalizador Balzer, modelo MED 020. As micrografias foram obtidas em um microscópio SHIMADZU modelo SS 550, equipado de microsonda com detector de energia dispersiva (EDS). A tensão de aceleração utilizada foi de 15 KeV.

Para a análise de difração de raios-X (DRX), as amostras de superfície de fratura dos materiais, rompido nos ensaios de resistência à compressão com idade de 28 dias foram submetidas a análise em um difratômetro de raios-X SHIMADZU.

2.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Para as análises de resistência a compressão, seguiu-se as recomendações propostas pela NBR 8492/1984. As dimensões das faces de trabalho foram determinadas com uma precisão de 1 mm, sendo o corpo de prova colocado sobre o prato inferior da máquina de ensaio à compressão. As cargas de ruptura foram aplicadas através do equipamento devidamente calibrado para realização do ensaio de compressão. A aplicação da carga foi uniforme e elevada gradativamente até que ocorresse a primeira trinca visível na superfície do corpo de prova.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No preparo dos tijolos de solo-cimento, conforme composições descritas na Tabela 1, evidenciou-se que a incorporação do resíduo de PET não produz uma mistura homogênea e compacta, desta forma estes materiais não foram analisados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Na análise de difração de raios-X, os tijolos de solo-cimento se mostraram predominantemente amorfas, sendo que este comportamento se manteve mesmo após o tratamento térmico a 600°C, demonstrando que os tijolos produzidos são estáveis termicamente.

Para os tijolos de solo-cimento com incorporação de cinza do bagaço de cana, realizou-se análise de fluorescência de raios-X (FRX) para determinação da composição química, apresentando as seguintes proporções: SiO₂ (48,35%), Fe₂O₃ (23,14%) e Al₂O₃ (11,2%), K₂O (6,86%), TiO₂ (5,61%) e demais elementos em proporções menores.



A análise por microscopia eletrônica de varredura realizada demonstrou uma superfície pouco porosa indicando uma boa adesão dos materiais confirmado pela micrografia, onde a cinza foi uniformemente incorporada na mistura.

Através da análise de absorção de água, verificou-se que todos os tijolos de solo-cimento produzidos atenderam a legislação vigente, a qual estabelece a absorção máxima de 20%. Observou-se também um decréscimo nos valores de absorção conforme aumenta a proporção de cinza do bagaço de cana no tijolo de solo-cimento, fato este importante e que pode garantir um aumento da resistência mecânica e durabilidade destes produtos. Sendo que a maior absorção de água foi para o material produzido de código 1, representando 19,8%, enquanto que a menor foi para o de código 3, representando absorção de 12,5%.

3.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Nos ensaios de resistência à compressão para os tijolos de solo-cimento, realizados aos 28 e 56 dias, identificou-se o atendimento as exigências da NBR 8492/1984. Segundo a norma, a resistência à compressão para tijolos maciços de solo-cimento não deve ser inferior a 2,0 MPa para valores médios e 1,7 MPa para valores individuais.

Notou-se que a adição da cinza do bagaço de cana-de-açúcar e do pó de serra ao tijolo de solo-cimento, não alterou a resistência dos materiais, sendo que os menores valores observados foram para o material produzido de código 6, onde para 28 dias, este apresentou resistência à compressão de 6,87 Mpa, e aos 56 dias, de 6,91 Mpa. Enquanto que os maiores valores encontrados foram para o material produzido de código 2C, onde para 28 dias, este apresentou resistência de 9,87 e aos 56 dias, de 9,91 Mpa.

4 CONCLUSÕES

A incorporação de cinza do bagaço de cana-de-açúcar e do pó de serra no tijolo de solo-cimento, associado a diminuição da porcentagem de cimento na mistura mostrou que a resistência dos materiais produzidos é superior a 2 Mpa e com redução da absorção de água pelos mesmos. Desta forma os tijolos de solo-cimento obtidos com a incorporação de resíduos da indústria de álcool e açúcar e da indústria moveleira podem ser aplicados na construção civil, sendo esta uma alternativa viável, aliando o benefício da produção com a redução destes insumos com elevado impacto ambiental em função da grande quantidade gerada e a falta de destinação correta.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo Maciço de Solo-Cimento - Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção D'Água. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.



GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa.** 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PAULA, M. O.; TINÔCO, I. F.F.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009.

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

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento.** 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

VIEIRA NETO, J. G. Análise da utilização de diferentes misturas de solo-cimento com vistas à produção de tijolos maciços. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 3, p.71-87, 2012.