

APRIMORAMENTO DO TIJOLO ADOBE COM ADIÇÃO DE FIBRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020253-264



Daniel Martins Papini Mota¹
Danielle Martins de Oliveira²
Douglas de Jesus Rocha³
Gabriel Miranda de Paula Nunes⁴
Gláucia Maria da Silva Santos⁵
Robert Willian Pereira⁶
Sérgio Henrique Freire Junior⁷
Silvana Julia da Silveira Diniz⁸
Ulisses Gomes dos Santos Madella⁹

RESUMO

Com o crescimento das atividades agroindustriais no Brasil, a geração de resíduos também teve expressiva evolução. Na agroindústria brasileira, o bagaço da cana-de-açúcar é o resíduo mais produzido e, na região rural de Minas Gerais, é o mais comum de se obter. Considerando a zona rural, a maioria das casas são construídas através da utilização de Tijolo Adobe, porém, um problema enfrentado por esse método construtivo é a resistência e durabilidade do tijolo. Assim, esse trabalho propõe a utilização do bagaço de cana como aditivo na fabricação do Tijolo Adobe. Para comprovar a eficácia da utilização do aditivo, confeccionou-se tijolos adobe sem aditivo e com aditivo em diferentes proporções. Em seguida, realizou-se o teste de compressão em uma prensa hidráulica, e através dos Softwares Paviteste SciDavis,

gerou-se gráficos em tempo real para avaliação dos resultados e determinação da melhor proporção entre o aditivo e massa do corpo de prova. Assim, constatou-se o aumento da resistência do Tijolo Adobe acrescido de bagaço da cana-de-açúcar e a melhor proporção entre o aditivo e massa do corpo de prova. Logo, apresentou-se uma maneira sustentável de aumentar a resistência do Tijolo Adobe.

Palavras-chave: Resíduos. Tijolo adobe. Cana-de-açúcar. Aditivo. Resistência.

ENHANCEMENT OF ADOBE BRICK WITH ADDITION OF SUGARCANE FIBERS

ABSTRACT

With the growth of agro-industrial activities in Brazil, wastes from mass production has evolved significantly. In Brazilian agroindustry, sugarcane bagasse is the most generated waste and, in the rural region of Minas Gerais, it is the most common to obtain. Considering the rural area, most houses are built through the use of Adobe Brick, however, a problem faced by this constructive method is its resistance and brick durability. Thus, this article proposes the use of sugarcane bagasse as additive in the manufacture of Adobe Brick. To prove the effectiveness of using the additive, adobe bricks were made without additives and with additives in different proportions. Afterwards, the compression test was performed on a hydraulic press, and through the Softwares Paviteste and SciDavis, real-time graphs were generated to evaluate the results and, consequently, determining the best proportion between the additive and its mass in the prototype. thus, there was an increase in the strength of the Adobe Brick plus sugarcane bagasse and the best proportion between the additive and the mass of the specimen. therefore, a sustainable way to increase the strength and endurance of Adobe Brick.

Keywords: Waste. Adobe brick. Sugarcane. Additive. Endurance.

1. Introdução

Habitações na região rural, tendem, a ser pouco resistentes ao se comparar com à alvenaria estrutural, método construtivo mais, comumente, utilizado nas regiões urbanas. Um dos motivos é a utilização do material Adobe, ou Adobro, para a sua construção. Esse material possui baixa resistência à compressão, inicialmente, em sua fabricação. Por ser um tijolo que não tem padronização em sua fabricação, o seu produto final possui um nível de qualidade variável.

O Tijolo Adobe é constituído basicamente de: areia, argila, água e uma fibra, geralmente de composição orgânica, a qual oferece maior estabilidade química e física ao produto. Esses compostos fibrosos, utilizados como aditivo na

fabricação do adobe, tem relação direta com sua resistência, porém o mais explorado no interior é o capim, por sua facilidade de obtenção.

As habitações construídas com o Tijolo Adobe têm alguns problemas significativos, as quais, devido à baixa resistência à compressão, possuem um “limite” de peso para sua construção. A falta de vedação de qualidade juntamente com a alta absorção de água também são problemas encontrados nessas residências.

A proposta encontrada, inicialmente, para o aprimoramento desse tijolo seria uma alteração na fibra em adição do traço. Atualmente, os determinados tipos de aditivos que demonstraram resultados interessantes foram: a utilização da fibra do coco verde, fibra de bambu, semente do açaí e bagaço de cana-de-açúcar. Sabendo-se que na região rural de Minas Gerais é mais comum de se obter a cana-de-açúcar como matéria para sua utilização no Tijolo Adobe, as pesquisas foram concentradas na utilização desse composto para ganho de resistência mecânica no tijolo.

Para comprovar o aumento de resistência à compressão, no Tijolo Adobe, é necessário um método científico para a aplicação dos testes. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, o tijolo adobe não possui normatização em seu processo de fabricação. Portanto serão utilizadas as normas: NBR 15270-1, 2005 e NBR 15270-2, 2005, as quais especificam os limites e requisitos para utilização do tijolo em alvenaria.

2. Referencial Teórico

2.1. Método de Fabricação

É possível fazer blocos de adobe com qualquer tipo de barro, eles não exigem uma mistura precisa de argila e areia, sendo considerada como aplicável a proporção de 60% a 70% de argila e 30% a 40% de areia. São secos ao sol e não levam mais do que alguns dias para ficarem prontos, porém é preciso ser observado. Dependendo da qualidade do solo os blocos serão mais ou menos resistentes. O barro ideal para fazer adobe tem cerca de 30% de argila em sua composição (SOARES, 2007).

A massa, para assentar os Tijolos Adobe na parede, é a mesma com que se faz o próprio Adobe. Dessa maneira, uma casa pode ser construída sem usar cimento. A mais comum, e rústica maneira de preparar o barro é com os pés, pisando sobre a terra enquanto ela vai sendo molhada. O capim picado é acrescentado durante o processo de “pisoteamento” e é muito importante que esse esteja bem uniforme ao barro. Quando for obtida uma mistura homogênea, é necessário colocar o barro nas fôrmas começando o preenchimento pelos cantos. É importante que se arremesse a massa nas fôrmas para que não fique ar dentro dos tijolos. O tamanho do bloco varia conforme a espessura que se deseja dar à parede à facilidade de manuseio do material. Com

blocos grandes é possível construir mais rápido, porém eles também são mais pesados e mais difíceis de trabalhar (SOARES, 2007).

Assim que a fôrma estiver devidamente preenchida é possível retirá-la, o tijolo manterá a forma desde que a quantidade de água esteja nas proporções corretas. Esse deverá permanecer secando no mesmo local onde foi fabricado, e protegido da chuva. O tempo de secagem dos blocos é de cerca de três dias. Esse período pode variar em função da quantidade de água utilizada, do tipo de solo e das condições climáticas da região (SOARES, 2007).

2.2. Resíduos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence ao gênero *Saccharum* e à família *Poaceae*, que compreende cerca de 700 gêneros e 10.000 espécies com distribuição cosmopolita (SOUZA; LORENZI, 2012) cuja presença no território nacional data de meados do século XVI com a colonização europeia (Schneider et al., 2012). Originada no sudeste asiático, sua introdução no país fortaleceu a colonização portuguesa e, dada sua fácil adaptação climática e ambiental, se estendeu ao litoral nordestino. É atualmente uma das culturas mais utilizadas e adaptáveis em clima tropical (GOUVEA, 2008).

Com o aumento das atividades agroindustriais no Brasil, a geração de subprodutos também teve expressiva evolução, conseqüentemente nasce um problema: o destino dos resíduos sólidos obtidos com essas atividades, como, por exemplo, a sucroalcooleira. Tanto a produção de cana-de-açúcar, cada vez mais de alto padrão, sem impurezas e cristais uniformes, quanto à fabricação do etano são processos altamente geradores de resíduos sólidos. Para cada tonelada de cana esmagada ou moída, obtêm-se 120 kg de açúcar e 14 L de álcool. Porém, o número de resíduos também é significativo: 100 a 400 kg de torta de filtro, 800 a 1000 L de vinhaça e 260 kg de bagaço de cana. Ou seja, o resíduo industrial, caso não seja gerenciado de maneira adequada, pode gerar problemas para o meio ambiente (FERREIRA, 2009).

2.3. Utilização do bagaço da cana-de-açúcar como aditivo

A determinação do aditivo, para a fabricação do Tijolo Adobe, é de crucial importância para se obter um resultado de qualidade em suas determinadas resistências e aplicações. A escolha de compostos orgânicos é enfatizada devido à sua aplicabilidade ser concentrada nas regiões rurais, onde a manufatura é mais evidenciada, em relação às fabricações industriais. (BATTISTELLE; MARCILIO e LAHR, 2009).

O bagaço de cana é colhido logo após passar pela moenda, na forma de tiras. Após esse processo, o composto deve ser levado ao laboratório para o primeiro tratamento em água. Durante quatro dias, o bagaço deverá permanecer submerso em água, sendo que a cada 24 h deve ser realizado uma verificação do nível de pH da água, sendo admissível a mudança até o limite de pH: 4,7 durante

o período de 96 horas de tratamento, para a retirada das sobras de sacarose e de impurezas. Logo após esse processo, o resíduo deverá passar por uma secagem artificial, em estufa, por aproximadamente 24 h, a uma temperatura de 60° C. Após o tratamento, o material coletado deverá perder cerca de 68% do seu peso inicial devido à umidade (BATTISTELLE; MARCILIO e LAHR, 2009).

Já com o bagaço tratado, livre de impurezas e umidade, o composto deve ser introduzido a uma máquina conhecida como “picador” capaz de fatiar e transformar o bagaço em pequenas partículas. Esse material, então, deve ser peneirado e através de uma peneira de 4mm de abertura. O material retido na peneira deve ser descartado, enquanto os demais utilizados na composição do Tijolo Adobe.

Para a aplicação dos testes, segundo a ADBNT, as normas utilizadas definem os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos de vedação a serem utilizados em obras de alvenaria de vedação, com ou sem revestimento, esta, sendo a **NBR 15270-1**, 2005. Já a segunda parte dessa norma, estabelece os métodos para a execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação.

3. Metodologia

3.1. Ensaios normativos

Para os ensaios de caracterização das misturas do Tijolo Adobe, seguiu-se, parcialmente, as recomendações das normas **NBR 15270-1**, 2005 e **NBR 15270-2**, 2005. Portanto, os ensaios que deverão ser efetuados em misturas com diferentes concentrações de aditivos serão:

- Resistência à Compressão Mínima, seguindo os limites impostos nas normas citadas através de testes com prensas hidráulicas;
- Planeza das Faces, através da medição das mesmas, utilizando um esquadro metálico e paquímetro;
- Dimensões Padronizadas, mantendo um formato único para melhor aderência no Tijolo Adobe.

Após a medição dos testes, a coleta e análise dos resultados foram expressos graficamente, utilizando o software *SciDavis*. Esse software é de arquitetura aberta, programado por Russel Standish em 2007. A versão utilizada (v1.0.0) é capaz de determinar uma curva de nível, e conseqüentemente, a melhor proporção entre os compostos e a massa do Tijolo Adobe. Garantindo, assim, uma determinação da porcentagem entre aditivo e massa, e verificação de como esse têm influência nas propriedades físico-mecânicas do produto final.

3.2. Fabricação dos Corpos de Prova e aplicação dos testes

Para a fabricação do Tijolo Adobe foi determinado uma série de testes e observações para que, antes de se atingir o resultado esperado, fosse possível apurar os resultados adquiridos em testes laboratoriais. Primeiramente foi determinado a proporção do aditivo medida através do peso total do bloco, o qual é estimado em 2,8 Kg. Desse peso total, foi fabricado no total:

- 2 Lotes de 10g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 2 Lotes de 20g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 1 Lote de 15g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 1 Lote de 30g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 1 Lote de 15g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de 17g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de 20g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote

O aditivo foi imerso em água por 3 dias, para retirar suas impurezas. Depois desse tempo foi posto em um forno para secagem e em seguida moído e pesado conforme figura 1.

Figura 1: Aditivos, bagaço de cana-de-açúcar (Fibra).



Fonte: Os autores; 2019

Os tijolos foram feitos a partir de moldes de madeira, com acabamento em seu perfil, para não absorver a umidade do tijolo, cada um com medidas de 20 x 10 x 8cm. Após a mistura ser colocada nas formas, foi necessário um tempo para que, os tijolos, ficassem rígidos o suficiente para serem retirados e postos para secagem sobre um suporte, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2: Tijolos Adobe com aditivo, moldes e processo de cura.



Fonte: Os autores; 2019

Após a primeira secagem, foi necessário um tempo de cura de aproximadamente 15 dias, devido a massa ter ficado muito úmida.

4. Resultados e Discussão

Para os primeiros corpos de prova, 3 grupos de tijolos com 10g, 20g e 30g respectivamente, foram realizados testes de compressão, seguindo a **NBR 15270-2**, 2005. Durante os testes, como os primeiros corpos de prova foram rotacionados, adquirindo as medidas de 20 x 08 x 10cm. Foram obtidos resultados conforme a proporção de aditivo por massa do tijolo (conforme tabela 1).

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

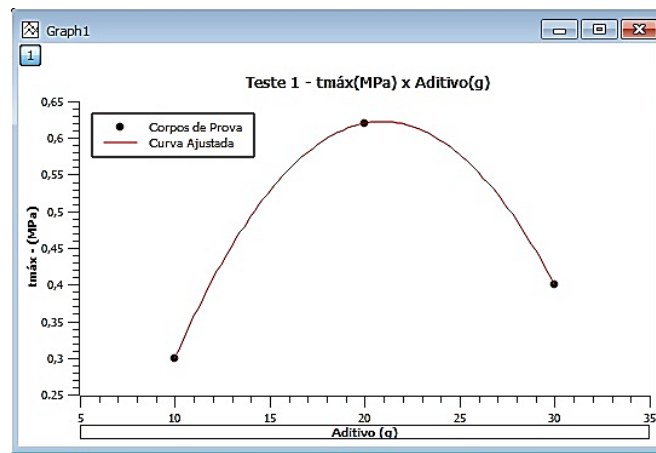
Tabela 1: Tijolo de Adobe com aditivo, teste preliminar.

Comparativo de Resistência a Compressão dos Tijolos (aprox.)		
Tipo de tijolo (3 tijolos cada)	Qtd de Aditivo (g)	Resistência a Compressão (Mpa)
Tijolo de Adobe com Aditivo	10g	0,6MPa
Tijolo de Adobe com Aditivo	20g	1,1MPa
Tijolo de Adobe com Aditivo	30g	0,5MPa

Fonte: Os autores; 2019

Para a realização dos testes, foi utilizado uma prensa hidráulica elétrica, capaz de admitir a força necessária para o rompimento dos corpos de prova. Nos gráficos foi demonstrado o aumento de tensão no tijolo conforme o aumento, gradativamente, da tensão no corpo de prova (conforme gráfico 1).

Gráfico 1: Curva gerada pelo software, SciDavis – Teste 01 (preliminar).



Fonte: Os autores; 2019

Os resultados dos testes preliminares foram úteis para uma melhor aproximação da melhor proporção entre aditivo e traço do tijolo. Em base nesses resultados foi apontado que uma proporção ideal estaria entre 15g a 20g de aditivo, portanto, para a aplicação dos testes foi fabricado mais um lote de tijolos com:

- 1 Lote de 10g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 1 Lote de 15g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote
- 1 Lote de 20g de aditivo (em relação ao peso total) – 3 tijolos/lote

Já no teste seguinte, o Tijolo Adobe convencional alcançou uma tensão máxima de 0,4MPa, em um dos testes, e em média 0,36MPa. A comparação do ganho de resistência pela adição do bagaço da cana-de-açúcar é notória e consideravelmente alta.

Para uma melhor visibilidade dos resultados, foi criada uma tabela (tabela 2), comparando o Tijolo Adobe com suas determinadas proporções de aditivo, além do teste com tijolo adobe convencional.

Tabela 2: Tijolo de Adobe com aditivo x Tijolo de Adobe convencional.

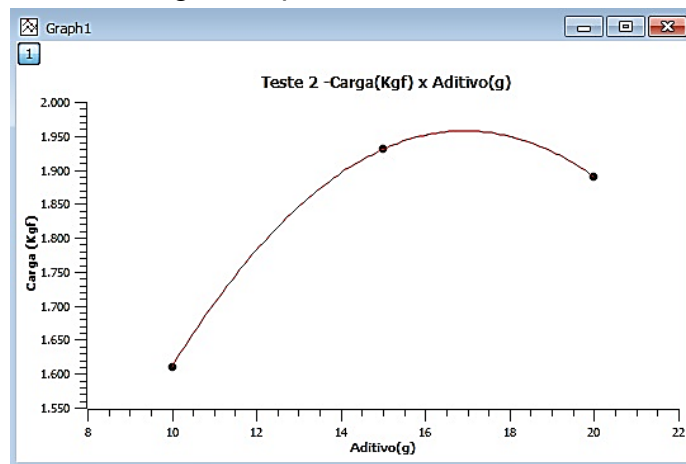
Comparativo de Resistência a Compressão dos Tijolos (aprox.)		
Tipo de tijolo (x3)	Aditivo (g)	Resistência a Compressão (Mpa)
Tijolo de Adobe com bagaço de cana-de-açúcar	10g	0,8MPa
Tijolo de Adobe com bagaço de cana-de-açúcar	15g	1,25MPa
Tijolo de Adobe com bagaço de cana-de-açúcar	20g	0,9MPa
Tijolo de Adobe com capim, convencional	Capim (N/A)	0,36MPa

Fonte: dos autores.

Com o lançamento dos dados de tensão máxima, carga máxima e quantidade de aditivo presente no corpo de prova, utilizando o mesmo software, foi traçado uma nova curva em busca do ponto de máxima resistência em relação ao peso do aditivo. Essa proporção desempenhou uma resistência maior, sendo constatado uma tensão de 1,3MPa em um dos testes.

Seguindo a mesma “fórmula” do gráfico anterior, o Gráfico 2 mostra que um valor próximo a 17g de aditivo pode ser o ideal para a fabricação do tijolo adobe em 2,8kg nas dimensões de 20 x 10 x 8cm.

Gráfico 2: Curva gerada pelo software, SciDavis – Teste 02.



Fonte: Os autores; 2019

Portando para comprovar essa previsão foi fabricado um lote final de Tijolos Adobe. Esse lote se constitui de 28 tijolos ao todo, os quais cada um manteve o mesmo traço anterior e peso de 2,8kg. Em adição foi fabricado 7 tijolos sem aditivo, para uma medição mais precisa de sua resistência à compressão quando não adicionado o bagaço da cana-de-açúcar. Para isso, os seguintes tijolos foram fabricados:

- 1 Lote de 10g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de 15g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de 17g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de 20g de aditivo (em relação ao peso total) – 7 tijolos/lote
- 1 Lote de sem aditivo – 7 tijolos/lote

Para a realização dos testes, foram esperados cerca de 10 dias, tempo de cura do tijolo. Após esses 10 dias foi agendado o ensaio com a empresa Labcon, Consultoria e Serviços. Para a ruptura do tijolo, foi colocado em sua base um cilindro de aço, com diâmetro de 85mm. Essa peça serviu como uma aproximação do valor real da resistência do tijolo. Os resultados apresentados podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3: Tijolo de Adobe com aditivo x Tijolo de Adobe sem aditivo (Teste final)

Tijolo (Aditivo)	∅	10g	15g	17g	20g
Teste 1 kN	3,6g	7,6g	8,0g	7,4g	8,3g
Teste 2 kN	2,5g	7,2g	5,7g	7,8g	7,0g
Teste 3 kN	2,8g	8,9g	8,4g	9,0g	8,3g
Teste 4 kN	4,9g	9,4g	8,4g	8,1g	7,6g
Teste 5 kN	3,1g	9,4g	6,3g	9,3g	7,7g
Teste 6 kN	3,8g	6,9g	7,1g	8,1g	7,5g
Teste 7 kN	4,2g	6,6g	8,4g	8,2g	8,2g
Médias kN	3,6g	8,0g	7,5g	8,3g	7,8g

Fonte: Os autores; 2019

Para a comparação direta com o resultado, seguindo as mesmas grandezas que anteriormente, foi feito o cálculo das médias e posteriormente da área do cilindro que foi utilizado na adaptação da prensa. A área do cilindro foi a de 5674,50mm². Logo, dividindo os valores das forças pela área adquire-se o resultado dos testes, conforme a tabela 4.

Tabela 4: Tijolo de Adobe com aditivo x Tijolo de Adobe sem aditivo (Teste final)

Tijolo (Aditivo)	Total (MPa)
∅	0,63 MPa
10g	1,41 MPa
15g	1,32 MPa
17g	1,46 MPa
20g	1,37 MPa

Fonte: Os autores; 2019

Percebe-se que o Tijolo de Adobe com o acréscimo de 17g de bagaço de cana-de-açúcar alcançou a maior resistência à compressão.

5. Conclusão

Os valores obtidos no último teste foram satisfatórios. Apesar do tijolo adobe não possuir norma que estabelece sua resistência mínima, diferente da alvenaria estrutural, os valores se aproximam muito com os limites da **NBR 15270-1**, o que proporciona uma segurança na utilização do mesmo em construções.

Com tudo, para o Tijolo Adobe com aditivo da fibra de cana-de-açúcar, obteve-se que, 17g corresponde a melhor dosagem para obter a maior resistência à compressão. Em relação ao Tijolo Adobe comum, o acréscimo foi de 231% no valor da resistência.

Assim, percebe-se, também, que o resíduo de cana -de-açúcar pode ser aproveitado na construção civil para fabricação de Tijolo Adobe.

REFERÊNCIAS

Battistelle, R. A., Marcilio, C., & Lahar, F. A. (2009). **Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (saccharumofficinarum) e das folhas caulinares do bambu da espécie dendrocalamusgiganteus na produção de chapas de partículas.** Revista Mineira, v. 5, 297-305

Ferreira, L. (2009). **Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial de cana-de-açúcar por fungos.** Doutor. Universidade de São Paulo.

Gouvea, J. (2008). **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba.** Mestre. Universidade de São Paulo.

Schneider, C., Schulz, D., Lima, P. and Gonçalves, A. (2012). **Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais.** Revista Eletrônica Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 7(Especial), pp.08-17.

Soares, A. (2007). **Soluções Sustentáveis – Construção Natural.** 1ª ed. Pirenópolis, GO: Mais Calango Editora.

Souza, V. and Lorenzi, H. (2012). **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**. 3ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p.230.

