

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS "IN NATURA" E SEUS EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

GOBO, Júlio César da Cunha¹; FERREIRA, Regis de Castro².

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial, Tijolos de terra crua.

1. INTRODUÇÃO

Já há algum tempo se faz presente em inúmeros setores produtivos a preocupação com a sustentabilidade, que deve envolver uma visão ecológica, social e econômica. O uso de tecnologias apropriadas em construções rurais ou urbanas que levem à racionalização dos recursos disponíveis e ao melhor aproveitamento da mão-de-obra local deve ser, portanto, considerado. O uso da casca de arroz tem sido recentemente objeto de diversas pesquisas com o intuito de melhorar as características físico-mecânicas de argamassas e/ou de materiais de construção baseados em terra-crua (AKASAKI; SILVA, 2001). Nessa mesma linha, surge a possibilidade de pesquisar a casca da semente de braquiária. O presente trabalho teve como objetivo pesquisar o efeito da incorporação de resíduos vegetais "in natura" sobre as propriedades físico-mecânicas de tijolos de solo-cimento.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados um solo e resíduos vegetais (casca de arroz e casca de braquiária) previamente triturados, peneirados, tratados e caracterizados por Oliveira e Ferreira (2005). O tratamento dos resíduos consistiu na imersão em solução de cal hidratada concentrada a 5% por um período de 24 horas e secados a 80°C em estufa por 48 horas. A casca de arroz em sua condição triturada e tratada apresentou massa unitária de 0,152 g/cm³, cerca de 90% da sua massa apresentou-se com diâmetro variando de 1,19 mm a 0,42 mm. E a casca de braquiária apresentou-se a massa unitária de 0,096 g/cm³ e 91,48% da sua massa apresentou-se com diâmetro variando de 2,38 mm a 0,42 mm. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados, respectivamente, as características físicas do solo e os valores da massa específica aparente seca máxima e da umidade ótima de compactação, obtidos pelos ensaios de compactação normal de Proctor, realizados por Oliveira e Ferreira (2005).

Foi utilizado o cimento Portland CP II-F-32 para a composição dos tratamentos. Para a definição dos tratamentos adotou-se o teor de 10% de cimento baseado nas recomendações de Sherwood (1993). Os teores de resíduos foram definidos em função daqueles estudados por Akasaki e Silva (2001).

Tabela 1. Características físicas do solo estudado.

Solos	Distribuição granulométrica				Índices físicos ¹			Classificação AASHTO ²
	areia	silte	argila	Mesp	LL	LP	IP	
Natural	31,94	5,87	62,19	3,38	41,7	28,0	13,7	A ₇
Corrigido	55,82	21,21	22,97	2,72	21,1	16,3	4,8	A ₄

¹Mesp - Massa específica aparente seca (g/cm³); LL - Limite de Liquidez; LP - Limite de Plasticidade e IP - Índice de Plasticidade. ² American Association of State Highway and Transportation Officials.

¹ Bolsista de iniciação científica CNPq/PIBIC – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - EAEA – Departamento de Engenharia Rural, juliogobo_agro@yahoo.com.br

² Orientador/Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG, rcastro@agrgo.ufg.br

Tabela 2. Massa específica aparente seca máxima (g/cm³) e umidade ótima de compactação (%) das misturas solo, obtidas pelo ensaio de compactação de Proctor normal.

Massa específica (g/cm ³)								
T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
1,82	1,77	1,73	1,73	1,68	1,79	1,73	1,72	1,70
Umidade ótima (%)								
T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
16,72	17,72	18,64	18,25	19,31	16,94	18,56	19,05	19,91

[†] T₁ – solo + 10% de adições (0% de resíduo + 100% de cimento); T₂ – solo + 10% de adições (10% de casca de arroz + 90% de cimento); T₃ – solo + 10% de adições (20% de casca de arroz + 80% de cimento); T₄ – solo + 10% de adições (30% de casca de arroz + 70% de cimento); T₅ – solo + 10% de adições (40% de casca de arroz + 60% de cimento); T₆ – solo + 10% de adições (10% de casca de braquiária + 90% de cimento); T₇ – solo + 10% de adições (20% de casca de braquiária + 80% de cimento); T₈ – solo + 10% de adições (30% de casca de braquiária + 70% de cimento); e T₉ – solo + 10% de adições (40% de casca de braquiária + 60% de cimento).

Os resíduos foram adicionados em substituição ao cimento. Dessa forma, foram variados os teores de cimento e de resíduo vegetal desde 100% de cimento e 0% de resíduo, até 60% de cimento e 40% de resíduo (em relação ao teor de 10% de cimento) conforme se segue: T1 - 0% de resíduo + 100% de cimento; T2 - 10% de casca de arroz + 90% de cimento; T3 - 20% de casca de arroz + 80% de cimento; T4 - 30% de casca de arroz + 70% de cimento; T5 - 40% de casca de arroz + 60% de cimento; T6 - 10% de casca de braquiária + 90% de cimento; T7 - 20% de casca de braquiária + 80% de cimento; T8 - 30% de casca de braquiária + 70% de cimento; e T9 - 40% de casca de braquiária + 60% de cimento.

Os tijolos foram moldados com o auxílio de uma máquina de fabricação de tijolos da marca TECMOR, de acionamento manual, de capacidade de fabricação de três tijolos por prensagem, tijolos tipo II (23 x 11 x 5 cm³), de acordo com a norma NBR 08491 (ABNT, 1984a). Após a prensagem, os tijolos foram levados à câmara úmida para cura durante o período de 7 dias, após os quais foram armazenados à sombra até os 91 dias de idade. Aos 7, 28, 56 e 91 dias após a moldagem, os tijolos foram rompidos à compressão simples, conforme a NBR 08492 (ABNT, 1984b).

O ensaio de absorção de água dos tijolos foi realizado de acordo com os procedimentos da NBR 08492 somente para a idade de 7 dias. Cada tratamento foi conduzido em três repetições. Foram realizadas análises de variância para avaliar o efeito das interações entre os fatores tipo e teor de cascas sobre as variáveis resposta resistência à compressão simples e capacidade de absorção de água. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados de resistência à compressão simples e capacidade de absorção de água dos tijolos estudados.

Na Tabela 3 nota-se, que no geral, à medida que se aumentou o teor de resíduo vegetal, os valores de resistência à compressão simples diminuíram significativamente. Verifica-se ainda que independentemente da idade e do tipo de resíduo (casca de arroz e de braquiária) os melhores resultados em termos de desempenho mecânico foram alcançados pelos tratamentos T1, T2 e T6. Adotando-se 1,5 MPa como valor mínimo de resistência à compressão simples aos 7 dias, a substituição parcial do teor de cimento por resíduo poderá ser realizada nos tratamentos T2 e T6 (10% casca de arroz e braquiária, respectivamente).

Tabela 3. Resistência à compressão simples (MPa) e absorção de água (%) dos tijolos moldados para as diferentes misturas de solo-cimento-resíduos vegetais.

Trat ^o s	Resistência à Compressão Simples (MPa)					Absorção de
	7 dias	28 dias	56 dias	91 dias	182 dias	Água (%)
T ₁ ¹	3,00 ± 0,27 (9,08) a C ²	3,07 ± 0,05 (1,68) a C	4,80 ± 0,52 (10,88) a A	3,83 ± 0,09 (2,23) a B	4,96 ± 0,35 (7,10) a A	11,42 ± 3,41 (29,90) a
T ₂	1,82 ± 0,09 (4,91) b C	2,25 ± 0,05 (2,30) b B	2,89 ± 0,16 (5,59) b A	2,52 ± 0,05 (1,96) b B	2,74 ± 0,10 (3,55) b A	12,97 ± 3,06 (23,59) ab
T ₃	1,34 ± 0,05 (3,86) c C	1,52 ± 0,04 (2,57) c BC	2,21 ± 0,06 (2,92) c A	1,77 ± 0,07 (3,81) c B	2,40 ± 0,13 (5,63) c A	13,78 ± 3,75 (27,20) ab
T ₄	1,07 ± 0,07 (6,28) cd C	1,21 ± 0,04 (3,21) cd BC	1,40 ± 0,18 (12,73) d B	1,54 ± 0,03 (2,09) c A	1,75 ± 0,05 (2,95) d A	16,42 ± 5,79 (35,27) ab
T ₅	0,98 ± 0,02 (1,99) d B	1,03 ± 0,00 (0,00) d B	1,00 ± 0,13 (13,42) e B	1,15 ± 0,03 (2,82) de B	1,63 ± 0,04 (2,40) d A	18,51 ± 4,97 (26,88) ab
T ₆	1,53 ± 0,15 (10,11) b D	2,16 ± 0,07 (3,25) b C	2,61 ± 0,28 (10,78) b B	2,35 ± 0,11 (4,83) b BC	2,99 ± 0,12 (3,96) b A	12,33 ± 2,80 (22,75) a
T ₇	1,07 ± 0,07 (6,28) cd B	1,17 ± 0,05 (4,40) d B	1,58 ± 0,06 (4,08) d A	1,33 ± 0,05 (3,70) d B	1,75 ± 0,07 (4,01) d A	12,71 ± 1,46 (11,50) ab
T ₈	0,83 ± 0,07 (8,16) de B	0,91 ± 0,03 (3,71) de B	0,91 ± 0,12 (12,80) e B	1,16 ± 0,07 (5,79) de A	1,29 ± 0,07 (5,42) e A	15,14 ± 4,51 (29,79) ab
T ₉	0,62 ± 0,03 (5,44) e B	0,69 ± 0,07 (10,20) e B	1,00 ± 0,15 (15,23) e A	1,01 ± 0,07 (6,62) e A	0,69 ± 0,04 (5,66) f B	19,96 ± 7,47 (37,42) b

¹ T₁ – solo + 10% de adições (0% de resíduo + 100% de cimento); T₂ – solo + 10% de adições (10% de casca de arroz + 90% de cimento); T₃ – solo + 10% de adições (20% de casca de arroz + 80% de cimento); T₄ – solo + 10% de adições (30% de casca de arroz + 70% de cimento); T₅ – solo + 10% de adições (40% de casca de arroz + 60% de cimento); T₆ – solo + 10% de adições (10% de casca de braquiária + 90% de cimento); T₇ – solo + 10% de adições (20% de casca de braquiária + 80% de cimento); T₈ – solo + 10% de adições (30% de casca de braquiária + 70% de cimento); e T₉ – solo + 10% de adições (40% de casca de braquiária + 60% de cimento); ² Valores médios ± desvio padrão (coeficiente de variação, em %). - Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. - Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Comparando-se os períodos de cura dos tijolos (7, 28, 56, 91 e 182 dias), houve um ganho significativo da resistência, exceto pelos tratamentos T₁, T₂, T₃, T₆ e T₇ na idade de 91 dias e T₂ e T₉ para a idade de 182 dias. Esses tratamentos apresentaram valores de resistência menores que aqueles observados na idade de 56 dias. O mesmo comportamento ocorreu com o tratamento T₅ na idade de 56 dias em relação ao 28 dias. O maior valor de resistência encontrado foi de 4,96 MPa, aos 182 dias de cura, enquanto o menor valor encontrado foi de 0,62 MPa, aos 7 dias de cura. No geral, o período de cura que obteve as maiores médias em valores absolutos e estatisticamente foi o de 182 dias (Tabela 3).

Em termos de capacidade de absorção de água, todos os tratamentos aplicados aos tijolos atenderam às especificações da NBR 08492, que estabelece, como máximo, o valor médio de 20% e nenhum valor superior a 22%. Conforme a Tabela 3, o menor valor de capacidade de absorção de água foi no tratamento T₁ (0% de resíduos), o que era de se esperar, devido a maior quantidade de cimento e ausência de resíduos vegetais (que conferem menor massa específica aparente ao solo e maior volume de poros). Os valores mais elevados da absorção ocorreram nos tratamentos T₅ e T₉ devido à presença de maior quantidade de resíduo vegetal (40% de substituição do cimento, pelo resíduo vegetal).

4. CONCLUSÃO

Adotando-se o valor de 1,5 MPa como resistência mínima aceitável aos 7 dias de idade, a substituição parcial do teor de cimento por casca de arroz, poderá ser realizada nos tratamentos com 10% e 20% de resíduo e para casca de braquiária no

teor de 10% de resíduo. Em termos de absorção total de água a substituição parcial do teor de cimento por casca de arroz ou de braquiária poderá ser utilizada em todos os teores avaliados. Para fins de aplicação prática, solos com características semelhantes ao estudado, tratados com cimento e incorporados com os teores de resíduos recomendados, mostram-se promissores como materiais para utilização na fabricação de tijolos em instalações rurais.

5. LITERATURA CITADA

AKASAKI, J.L. SILVA, A.P. Estudo de composições do solo estabilizado com cal e resíduos agroindustriais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu, PR. Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. Cd Rom.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 08491 - Tijolo Maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984a. 4 p.

_____. Rio de Janeiro. NBR 08492. Tijolo Maciço de solo-cimento. Determinação da Resistência à Compressão e Absorção de Água. Rio de Janeiro, 1984b. 8p.

SHERWOOD, P.T. Soil stabilization with cement and lime: state of the art review. London: HMSO, 1993. 153p.

OLIVEIRA, M. F.; FERREIRA, R. de C. Propriedades físico-mecânicas de misturas de solo estabilizado com cimento e resíduos vegetais "in natura". In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão da UFG, 2, 2005, Goiânia, GO. Anais ... Goiânia: UFG, 2005. Cd Rom.