

## **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO DO SOLO DE IRANDUBA PARA CONFEÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO**

**LUANE RICARTE MARTINS<sup>1</sup>, FERNANDO DE FARIAS FERNANDES<sup>2</sup>, ARLENE M<sup>a</sup> LAMÊGO DA SILVA CAMPOS<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmica de Engenharia Civil, UEA/EST, Manaus-AM, luanericarte@gmail.com

<sup>2</sup>MSc. em Materiais de Construções, Prof. Titular UEA/EST, Manaus-AM, fernandoffernandes@uol.com.br

<sup>3</sup>Msc. em Engenharia Civil/UFAM, Eng<sup>a</sup> do DNIT, Manaus-AM, arlene.campos@dnit.gov.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Diante do atual contexto mundial em que a sustentabilidade tem se tornado cada vez mais uma prioridade, a reciclagem de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) é uma alternativa para minimizar o impacto no meio ambiente causado pelas construções civis. Este trabalho teve como objetivo verificar a eficiência de tijolos de solo-cimento estabilizados com diferentes proporções de RCD em proporções de 40% e 60% em massa para a confecção de tijolos de solo-cimento, por meio de ensaios de caracterização do solo em laboratório como granulometria, limites de consistência e compactação. Além disso, os tijolos também foram submetidos a ensaios de resistência à compressão e absorção. Os resultados obtidos mostram que as dosagens adotadas atingiram os valores mínimos exigidos pela norma, se mostrando eficaz na estabilização solo-cimento.

**PALAVRA CHAVE:** Sustentabilidade. Tijolo. Solo-cimento.

### **STUDY ON THE USE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN THE STABILIZATION OF IRANDUBA SOIL FOR SOIL-CEMENT BRICK FABRICATION**

**ABSTRACT:** Given the current global context where sustainability has become increasingly a priority, CDW Construction and Demolition Waste (CDW) recycling is an alternative to minimize the impact caused on the environment by the civil construction. The aim of this work was to verify the Iranduba's soil stabilization efficiency with CDW in 40% and 60% proportions for making soil-cement bricks through soil characterization tests in the laboratory such as particle size, consistency limits and compression. Furthermore, the bricks were also subjected to compressive strength tests and absorption. The results show that the proportions adopted reached the minimum values required by the norms, showing themselves efficient in the soil-cement stabilization.

**KEYWORDS:** Sustainability. Brick. Soil-cement.

### **INTRODUÇÃO**

A construção civil é um setor de enorme importância no desenvolvimento econômico e social do país, porém também é responsável pela geração de grande quantidade de resíduos de construção e demolição, além de ser também grande consumidor dos recursos naturais do planeta. Em alguns países desenvolvidos como Holanda, Bélgica, França, Alemanha e Estados Unidos já existe uma razoável conscientização da necessidade de reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD) buscando-se constantemente fontes alternativas ou sustentáveis para a construção civil (Segantini; Wada, 2011). No Brasil, há pesquisas sobre a utilização do resíduo de construção e demolição (RCD) como agregado na confecção de solo-cimento.

De acordo com Morett (2003), solo-cimento é uma mistura constituída de solo, cimento e água que ao ser sujeita a ensaios de compactação adquire perfil de resistência mecânica e estabilidade para construção de edifícios cuja resistência à compressão, adiciona Mota *et al.*(2010), equipara-se a do tijolo convencional. Os sistemas construtivos de solo-cimento estabilizados com resíduos de construção e demolição são produtos duplamente sustentáveis uma vez que, além de direcionar e reciclar o que anteriormente teria grande chance de ser descartado de forma inadequada, também faz proveito do solo,

que é uma matéria-prima em abundância e de baixo custo, de modo que se possa reduzir a quantidade de cimento a ser utilizada.

O presente trabalho tem o objetivo de verificar a eficiência de tijolos de solo-cimento estabilizados com diferentes proporções de RCD por meio de ensaios em laboratório, a fim de consolidar a ideia de desenvolvimento sustentável e contribuir positivamente na qualidade do produto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O solo utilizado neste trabalho para a confecção dos tijolos de solo-cimento tem como origem a jazida da Cerâmica Rio Negro, localizada à Estrada do Brito, S/N, Cacau Pirêra, município de Iranduba, Amazonas. O RCD já triturado foi cedido pela empresa recicladora Concrecicle, localizada no bairro Colônia Antônio Aleixo, na Zona Leste de Manaus e os demais materiais utilizados, cimento e água, foram adquiridos no comércio e na rede pública de abastecimento da cidade de Manaus respectivamente.

Alguns materiais utilizados juntamente com o produto gerado neste trabalho foram submetidos aos ensaios de caracterização constantes na Tabela 1 abaixo, conforme as normas da ABNT:

Tabela 1. Ensaios aos quais os materiais foram submetidos e suas respectivas normas da ABNT

Material	Ensaio
Solo	Preparação para ensaio de caracterização – NBR 6457/86
	Análise granulométrica – NBR 7181/84
	Determinação do limite de plasticidade – NBR 7180/84
	Determinação do limite de liquidez – NBR 6459/84
	Ensaio de compactação – NBR 7182/86
RCD	Análise granulométrica – NBR 7181/84
Mistura 1 (Solo + 40% RCD) e Mistura 2 (Solo + 60% RCD)	Análise granulométrica – NBR 7181/84
	Determinação do limite de plasticidade – NBR 7180/84
	Determinação do limite de liquidez – NBR 6459/84
	Ensaio de compactação – NBR 7182/86
Tijolo	Determinação da resistência à compressão e da absorção de água – NBR 8492/84

Com base em levantamento bibliográfico e ensaios de caracterização, foram selecionadas 2 dosagens diferentes das misturas de solo-cimento para a confecção dos tijolos de forma que pudessem ser comparadas entre si, como mostra Tabela 2. As proporções utilizadas de 40% e 60% foram em massa com base no valor total da mistura. O ensaio de compactação, realizado conforme a NBR 7182/86, foi fundamental para que, por meio da umidade ótima de cada mistura, se pudesse quantificar a água utilizada.

Tabela 2. Dosagem das misturas de solo-cimento para a produção dos tijolos

Mistura	Solo		RCD		Cimento		Água (ml)
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	
1 (Solo + 40% RCD)	1250	60	830	40	230	10	391
2 (Solo + 60% RCD)	830	40	1250	60	230	10	347

Os tijolos foram fabricados nos laboratórios de mecânica dos solos da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) e o procedimento adotado para a confecção dos tijolos seguiu as recomendações da NBR 10833/89 para fabricação de tijolo e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica e respeitou a seguinte sequência:

- Misturou-se manualmente o cimento ao solo já destorroado e passante na peneira n° 4 de forma que se obtivesse coloração uniforme. Adicionou-se água previamente determinada pelo ensaio de compactação de forma gradativa até que se alcançasse a umidade ótima desejada;

- A mistura foi transferida rapidamente ao molde para que ocorresse a prensagem;

- Após a prensagem, os tijolos foram retirados do molde e colocados em uma superfície plana e lisa à sombra dentro do laboratório para que pudessem curar por 07 e 28 dias;

- Separaram-se os tijolos para o ensaio de absorção.

Em seguida, os tijolos foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão e de absorção de água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São mostrados na Tabela 3 os resultados dos ensaios de análise granulométrica do solo, do resíduo de concreto e das composições solo-resíduo em estudo:

Tabela 3. Análise granulométrica das amostras

Abertura das peneiras	$X \leq 0,075 \text{ mm}$	$0,075 \text{ mm} \leq x \leq 0,2 \text{ mm}$	$0,2 \text{ mm} \leq x \leq 0,6 \text{ mm}$	$0,6 \text{ mm} \leq x \leq 2,0 \text{ mm}$	$2,0 \text{ mm} \leq x \leq 60 \text{ mm}$
Dosagem	Argila + Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Pedregulho (%)
Solo	70,78	11,58	14,18	3,23	0
RCD	39,57	2,70	42,62	15,11	0,29
Solo + 40% RCD	55,03	4,56	21,90	15,59	2,91
Solo + 60% RCD	42,53	4,44	18,46	30,15	4,41

A partir dos resultados, é possível perceber que a adição de resíduo ao solo altera drasticamente a granulometria do material. De acordo com a NBR 10833/1989, que trata da fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica, para que o solo apresente boas condições para produção de tijolo de solo-cimento ele deve apresentar de 10% a 50% de seu material passante na peneira de abertura 0,075 mm (n° 200), ou seja, de 10% a 50% de argila + silte. Além disso, o solo deve ser 100% passante na peneira 4.8 mm (n° 4), o que significa que não deve haver presença de pedregulhos na mistura. Desta forma, o solo natural não se enquadrou nas condições propostas pela norma por apresentar elevada quantidade de argila + silte, sendo descartada como material para confecção dos tijolos de solo-cimento. A mistura 1 apresentou um resultado um pouco maior do que o estabelecido pela norma na presença de argila + silte e na presença de pedregulhos, enquanto que a mistura 2 apresentou resultado maior apenas na presença dos pedregulhos, mas, para efeito de experimento, ambas osagens das misturas selecionadas permaneceram sendo utilizadas.

Na Tabela 4 são apresentados os valores obtidos nos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade, conforme a NBR 6459/84 e NBR 7180/84, respectivamente:

Tabela 4. Resultados dos ensaios de limites de consistência do solo e das misturas

Dosagem	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Solo	46,3	39,98	6,32
Solo + 40% RCD	31,5	23,43	8,07
Solo + 60% RCD	-	-	NP

A mistura de solo + 60% RCD apresentou impossibilidade de realização dos ensaios de consistência devido à quantidade de resíduo adicionada, portanto o solo se apresentou Não Plástico (NP). Porém, observando a Tabela 4, nota-se que a adição do resíduo diminuiu consideravelmente a consistência da mistura de Solo + 40% RCD, o que pode representar uma melhoria nas características finais dos tijolos. A NBR 10833/1989, que trata da fabricação de tijolo maciço de solo cimento com utilização de prensa hidráulica, para que o solo apresente boas condições para produção de tijolo de solo-cimento ele deve apresentar limite de liquidez  $\leq 45\%$  e índice de plasticidade  $\leq 18\%$ . Tanto o solo natural quanto a amostra de solo + 40% RCD atenderam às condições.

Na Tabela 5 é possível observar os valores obtidos nos ensaios de compactação.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de compactação

Dosagem	Umidade ótima (%)	Massa específica seca máxima
Solo	18,21	1,32
Solo + 40% RCD	11,52	1,67
Solo + 60% RCD	7,19	1,74

O ensaio de compactação é fundamental para a dosagem de água na fabricação dos tijolos de solo-cimento. É possível perceber que a adição do resíduo acarretou na diminuição da umidade ótima e no aumento da massa específica seca máxima. De acordo com Pinto (2006), este comportamento indica que está sendo aplicada maior energia de compactação, o que ocasiona uma melhor acomodação dos grãos gerando materiais mais resistentes.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção de água dos tijolos.

Tabela 6. Resultados dos ensaios de absorção de água

Dosagem	Absorção (%)
Solo + 40% RCD	15,19
Solo + 60% RCD	13,25

A NBR 10834/1994 determina que o valor médio máximo obtido no ensaio de absorção de água aos 28 dias deve ser inferior a 20% ou inferior a 22% individualmente, portanto, é mostrado na tabela que as duas dosagens estudadas estão conforme o determinado. Também é possível perceber que a adição de resíduo na mistura diminui a absorção da água.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão aos quais os tijolos foram submetidos e na Figura 1 é exibido o ensaio de resistência à compressão.

Tabela 8. Resultados dos ensaios de resistência à compressão

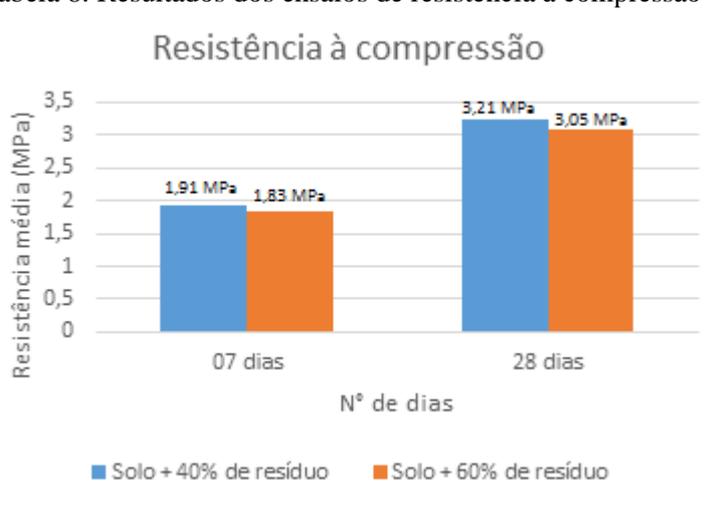


Figura 1. Ensaio de compressão



É possível perceber que a resistência média à compressão dos tijolos cujas dosagens eram solo + 60% de resíduo apresentaram resultados levemente menores que dos tijolos de dosagem solo + 40% nas duas datas de rompimento. Aos 28 dias, ambos superaram consideravelmente a resistência exigida pela norma, o que sugere que o resíduo é um ótimo estabilizador para o solo utilizado.

## CONCLUSÕES

Ao término desta pesquisa, após análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados, observou-se que o solo natural não apresentava as condições necessárias para uso como solo-cimento, porém a adição do resíduo no solo melhorou as características de granulometria e de índices de consistência necessárias ao uso na produção do tijolo. Observou-se que nos ensaios de compactação, a adição do resíduo colaborou com o aumento da umidade ótima, conforme Tabela 6, o que ocasionou uma melhor acomodação dos grãos e interferiu positivamente em resultados dos ensaios de taxa de absorção e no aumento da resistência à compressão. O resultado de resistência à compressão atendeu os critérios exigidos pela NBR 10833/84, mostrando que, em ambas dosagens, os valores médios de resistência se mantiveram bem próximos, o que sugere que é possível reciclar maior quantidade de resíduo sem interferir na qualidade técnica dos tijolos, colaborando com a estabilização do solo natural. Portanto, o RCD é um material eficaz na estabilização do solo-cimento, consolidando a ideia de desenvolvimento sustentável e contribuindo positivamente na qualidade do tijolo de solo-cimento.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457: Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984p.
- ABNT – 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.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT – Associação brasileira de Normas Técnicas. NBR 10833: Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984.
- Morett, H. T. A importância da inserção dos sistemas construtivos de solo-cimento no processo de industrialização da construção. Proarq/Fau: UFRJ, 2003. 90f. Tese (Mestrado em Arquitetura). Disponível em: <[www.poli.ufrj.br/leeamb/Arquivos\\_para.../Dissertacao\\_Henrique\\_Thomas\\_Morett.pdf](http://www.poli.ufrj.br/leeamb/Arquivos_para.../Dissertacao_Henrique_Thomas_Morett.pdf)>. Acesso em 09 mai. 2016.
- Motta, J. C. *et al.* Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. E-xacta, v.7, n.1, p.13-26, 2014. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1038>>. Acesso em 28 abr. 2016.
- Segantini, A. A. S.; Wada, P. H. Estudo da dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. Acta Scientiarum Technology, v.33, n.2, 2011. Disponível em: <[periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/9377/9377](http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/9377/9377)>. Acesso em 15 mai. 2016.
- Pinto, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas. 3.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006