

## REUSO DE RESÍDUO DE CAULIM NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça \*, Loredanna Melyssa Costa Sousa , Camila Gonçalves Luz Nunes ,  
Lorayne Sousa Santos , Walter Rubens R. Feitosa Batista

\* Universidade Federal de Campina Grande, [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com)

### RESUMO

A busca por facilidade na construção civil bem como a potencialização de métodos e materiais construtivos visam associação qualidade, praticidade e agilidade dos serviços, os tijolos modulares de solo cimento, além de apresentar um aspecto ambiental (por não levar queima em sua produção) é moldado em um formato que garante os referidos aspectos. A uma potencial economia de aço, pois os tijolos oferecem elevada resistência e podendo ser utilizados tanto em alvenarias estruturais como em alvenarias de vedação. Essa economia de aço ocorre principalmente em construções de alvenarias estruturais utilizando os blocos de solo cimento. Devido a uma maior resistência a esforços comparados a tijolos cerâmicos tradicionais, é necessário o uso de aço em menores quantidades e apenas em lugares estratégicos, que recebem maiores cargas da estrutura. Por outro lado a indústria de beneficiamento de caulim produz um volume muito elevado de resíduos que precisam de uma destinação ambientalmente correta, levando as empresas geradoras a custos elevados com a destinação do mesmo. Assim, este estudo tem como objetivo principal o estudo sobre o reuso do resíduo de caulim na produção de tijolos solo-cimento, sendo necessária a avaliação da resistência à compressão simples dos tijolos incorporados com o resíduo de caulim. Foram moldados tijolos solo-cimento nas dimensões de 25 cm x 12,5 cm x 2,5 cm para os teores de 10% e 20% e de referência. E avaliou-se a resistência a compressão simples após 24 horas da moldagem e após 7 dias. Verificou-se que a adição do resíduo de caulim promoveu a redução da resistência à compressão simples dos tijolos solo-cimento quando comparados aos valores obtidos para os tijolos solo-cimento de referência. Este fato ocorreu devido à baixa quantidade de ferro nos seus componentes e por não apresentar uma atividade pozolânica, no entanto os resultados obtidos satisfazem os parâmetros normativos. E, portanto evidencia-se que há possibilidade do reuso do resíduo de caulim para produção de tijolos solo-cimento, promovendo assim a redução do volume de resíduo a ser descartado no meio ambiente, além de agregar valor ao mesmo e reduzir os custos da empresa geradora com a sua disposição.

**PALAVRAS-CHAVE:** tijolos solo-cimento, resíduo de caulim, propriedades, gestão ambiental.

### INTRODUÇÃO

As evoluções no modo e nos materiais construtivos vão levando o mercado para aplicar novos métodos de construção, a forma tradicional é cada vez substituída por sistemas que melhoram características técnicas e compõem um fator que visa o aperfeiçoamento da perspectiva ambiental. Apesar da crise econômica pela qual o mundo e, especificamente o Brasil apresenta (crise econômica que se agravou em 2014), a construção civil é uma área que tem importância fundamental na economia. Na retomada de crescimento que os setores estão buscando, é necessária uma resposta rápida no âmbito da construção para que proporcione desenvolvimento e consiga gerar empregos.

A tentativa de modificar o estilo como se constrói através do desenvolvimento de métodos que aprimorem a maneira usual ou, que implante novos processos que possam além de dinamizar, potencialize o conjunto, assim como sugere Mieli (2009), quando diz que a busca de novas soluções construtivas, o emprego viável de novas ferramentas, a reciclagem de resíduos, o déficit habitacional, o desenvolvimento sustentável e a eliminação do desperdício no canteiro de obras através da racionalização e reciclagem de materiais fazem com que novos materiais, ou ainda, materiais de elevado desempenho, e sistemas construtivos mais eficientes sejam os principais objetivos na tentativa de estabelecer uma relação saudável entre baixo custo e qualidade da obra.

A utilização do solo ou a reutilização do mesmo é uma opção relevante e que deve ser posta em estudo, pois além de ser uma matéria prima abundante tem potencial para reduzir custos e facilitar a produção de materiais construtivos. É nessa perspectiva que será desenvolvida a produção deste trabalho, priorizando o uso do solo para aplicação em blocos de alvenaria, especificamente, tijolos de solo cimento.

A produção e implantação de tijolos de solo cimento pode ter um papel importante na forma de se construir e na própria fabricação de materiais (no setor da alvenaria), a matéria prima para sua produção é de fácil acesso e o produto oferece considerável resistência e fácil aplicação (MOTA et al. 2010) os tijolos de solo-cimento constituem uma das alternativas para a construção em alvenaria, esses tijolos, após pequeno período de cura, garantem resistência à compressão simples similar à dos tijolos maciços e blocos cerâmicos.

A compreensão da tecnologia de produção e uso do solo cimento, que ainda não está completamente difundida, pode indicar mudanças na conjuntura da construção civil, tornando-o um produto comercialmente favorável e economicamente competitivo.

O tijolo de solo-cimento, também conhecido como BTC (Bloco de Terra comprimida) ou tijolo modular, é de grande utilidade para a construção civil de forma geral. Ele vem sendo aplicado em obras com o passar do tempo, nos Estados Unidos da América, por exemplo, tem sido utilizado desde o século XX, com tudo sem que houvesse uma pesquisa detalhada sobre sua utilização. Abiko (1983) afirma que este material foi empregado pela primeira vez nos EUA pelo Engenheiro Bert Reno, na pavimentação de uma rua, com uma mistura de conchas marinhas, areia de praia, e cimento Portland.

O solo-cimento é obtido pela mistura de solo, cimento Portland e água. Envolve um processo físico-mecânico de estabilização, no qual as consequências decorrem de uma estruturação resultante da reorientação das partículas sólidas do solo com a deposição de substâncias cimentantes nos contatos intragranulares, alterando a qualidade relativa de cada uma das três fases-sólidas, água e ar que constituem o solo (MERCADO, 1990).

No Brasil, as pesquisas com solo-cimento começaram a ganhar destaque a partir da década de 1930, com a regulamentação de sua aplicação pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Em 1941 toda a pavimentação do aeroporto de Petrolina-PE foi feita com solo-cimento e em 1970 a rede pavimentada de solo-cimento no Brasil completou 7500 km. A partir de 1948 o solo-cimento passou a ser utilizado também na construção de habitações, com a construção de duas casas do Vale Florido, na Fazenda Inglesa, em Petrópolis-RJ. O bom estado de conservação destas obras após vários anos de utilização atestam a qualidade do produto e da técnica construtiva (SOUZA, 2006).

Uma inovação da construção com o solo-cimento é a utilização de diferentes tipos de solos na fabricação de tijolos de solo-cimento, aonde as vantagens da utilização dos tijolos de solo-cimento vão desde a fabricação até a sua utilização no canteiro de obras. Os equipamentos utilizados são simples e de baixo custo possibilitando operação no próprio 20 canteiro. Isso reduz os custos com transporte, energia, mão-de-obra e impostos. Além dessas vantagens, o tijolo de solo-cimento agrada também do ponto de vista ecológico, pois não passa pelo processo de queima, no qual se consomem grandes quantidades de madeira ou de óleo combustível, como é o caso dos tijolos produzidos em cerâmicas e olarias (SOUZA, 2006).

Na sua produção são utilizados os seguintes materiais: solo, cimento e água. A resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento é semelhante à do tijolo convencional, mas a qualidade final é superior, pois apresenta dimensões regulares e faces planas (FERRAZ, 2004).

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo sobre o reuso do resíduo de caulim na produção de tijolos solo-cimento. Neste sentido, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar a resistência de tijolos solo-cimento incorporados com resíduos de caulim nos teores de 10% e 20%;
- Diminuir o efeito causado pelo resíduo de caulim na natureza.

## METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste estudo, foram:

Solo: solos argilo-minerais que, atende aspectos técnicos exigidos pela norma para a reação com o cimento e a água que são os outros componentes da mistura. Seguindo a norma NBR 10833/2012.

Cimento: Foi utilizado o cimento Portland CPIII-RS-32 (cimento de alto-forno resistente à sulfatos), da marca Elizabeth, cujas características físicas, químicas e mecânicas atendem aos requisitos da norma NBR 5735 (ABNT, 1991).

Água: Foi utilizada a água fornecida pela CAGEPA (Companhia de Água de Esgoto da Paraíba) a cidade de Campina Grande – PB se enquadra na norma e será ela a utilizada na produção dessa pesquisa.

Resíduos de Caulim: Resíduo do processamento de Caulim derivado da segunda etapa do beneficiamento de caulins primários, extraídos da planície pegmatítica da Borborema, que está localizada no município de Juazeirinho-PB e foi cedido pela CAULISA indústria S/A.

A Figura 1 ilustra o fluxograma das etapas da pesquisa.

Normalmente para a produção de tijolos solo-cimento se utiliza um traço de 1:12 a 1:15, porém a prensa mecânica que se dispunha na universidade apresentou algumas limitações, onde para se atingir um resultado satisfatório optou-se por utilizar um traço de 1:6.

### Moldagem dos corpos de prova

Foram moldados tijolos solo-cimento de referência e tijolos solo-cimento incorporados com resíduo de caulim nos teores de 10 e 20%, nas dimensões de 25cm x 12,5cm x 2,5cm conforme as especificações das normas da ABNT NBR 8491 (ABNT, 2012) e ABNT NBR 10833 (ABNT, 2013), em seguida foi feita a cura nos períodos de 24 horas e 7 dias após a moldagem e, por fim, foi realizada a determinação da resistência a compressão simples.

A Tabela 1 apresenta o quantitativo de materiais utilizados para moldagem dos corpos de prova.

**Tabela 1: Quantitativo de materiais utilizados para moldagem dos corpos de prova.**

Materiais utilizados	Tijolos de referência	Tijolos com 10% de resíduo de caulim	Tijolos com 20% de resíduo de caulim
Solo (kg)	18	18	18
Cimento (kg)	3	2700	2400
Res. Caulim (g)	0	300	600
Água (ml)	110	110	110

Foi seguido o procedimento padrão de preparo do material no misturador, em seguida foi realizada a homogeneização dos materiais, e procedeu-se com a moldagem dos corpos de prova e em seguida a processo de cura.

Os tijolos solo-cimento foram estocados em câmara úmida, para posteriormente serem submetidos a ensaio para determinação da resistência a compressão simples nas idades de 24 horas e 7 dias.

A Figura 1 ilustra o processo de homogeneização dos materiais (Fig. 1a) e de moldagem dos tijolos solo-cimento (1b).



(a)



(b)

**Figura 1: Processo de homogeneização dos materiais (a) e de moldagem dos tijolos solo-cimento (b).**

Para a caracterização mecânica dos tijolos solo-cimento foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples dos blocos fbk, de acordo com a norma ABNT NBR 6136 (ABNT 2014), nas idades de controle de 24 horas e 7 dias.

A Figura 2 ilustra os tijolos solo cimento após cura (Fig. 2a) e sendo submetidos ao ensaio para determinação da resistência a compressão simples (Fig. 2b).



(a)



(b)

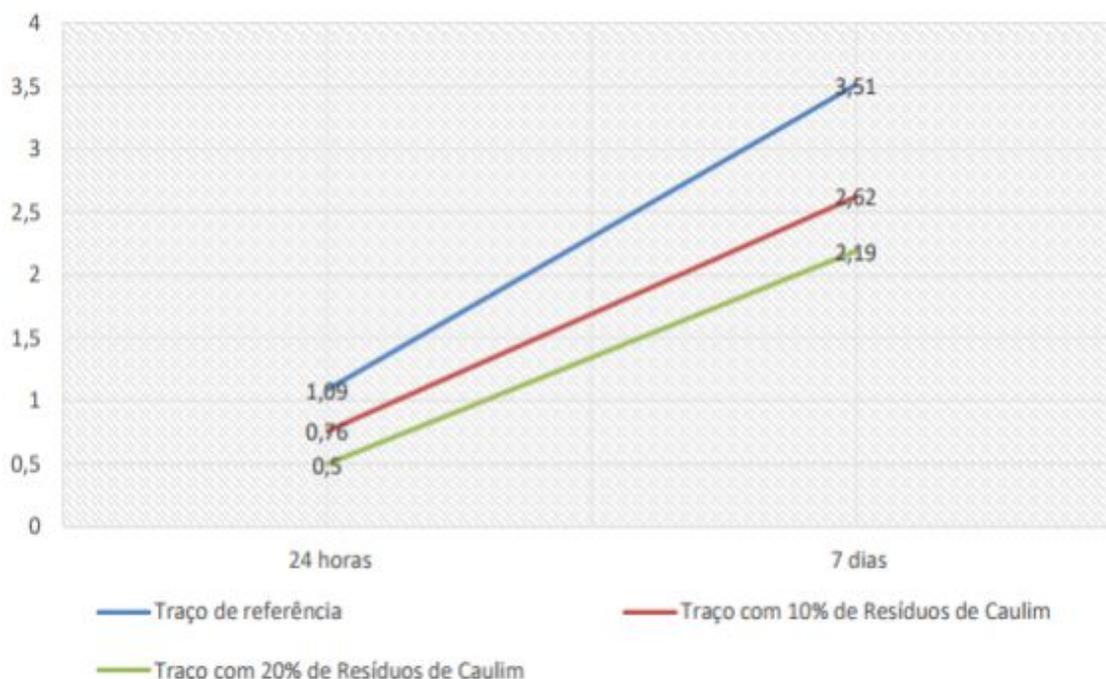
**Figura 2: Tijolos solo cimento após cura (a) e sendo submetidos ao ensaio para determinação da resistência a compressão simples (b).**

Os resultados para a resistência a compressão simples resultam da média das resistências obtidas para 4 corpos de prova.

O ensaio para determinação da resistência a compressão simples, assim como as etapas de moldagem e cura dos corpos de prova foram realizados no Laboratório de Solos II do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos para os tijolos solo-cimento de referência e incorporados com 10% e 20% de resíduo de caulim.



**Figura 3: Tijolos solo-cimento de referência e incorporados com 10% e 20% de resíduo de caulim.**

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a incorporação do resíduo de caulim no teor de 10%, promoveu a redução da resistência a compressão, em aproximadamente 30% para 24 horas e 25% em 7 dias de cura. No entanto os resultados obtidos satisfazem os parâmetros normativos.

Castro (2008) ao incorporar resíduos de caulim em substituição parcial do solo na confecção de tijolos de solo-cimento, também observou queda na resistência à compressão simples dos corpos de prova aos 7, 14, 28 e 56 dias de cura. Conforme o tempo foi aumentando, maior tornou-se a discrepância entre as resistências obtidas entre os tijolos de referência e os incorporados com 10% do resíduo em estudo.

Contudo, mesmo apresentando queda na resistência, o valor médio obtido após o ensaio de compressão simples nos corpos de prova aos 7 dias de cura, encontra-se conforme a norma da ABNT NBR 8491 (ABNT, 2012), uma vez que a resistência à compressão simples média (2,62 MPa) está acima de 2,0 MPa e, individualmente, as amostras obtiveram valores superiores a 1,7 MPa.

Para a incorporação do resíduo de caulim no teor de 20%, promoveu uma redução da resistência a compressão simples em aproximadamente 50% para a idade de cura de 24 horas, e, uma redução de 29% para idade de cura de 7 dias, quando comparado com os resultados obtidos para os tijolos solo-cimento de referência, evidenciando que quanto maior o teor de incorporação de resíduo de caulim, mais intensa será a redução da resistência, sendo justificado pela substituição do cimento, responsável por garantir o aumento de resistência, por um material alternativo que não possui atividade pozolânica, o que contribui para a redução da resistência dos tijolo solo-cimento.

Considerando que a norma da ABNT NBR 8491 (ABNT, 2012) preconiza um valor médio de resistência à compressão de tijolos solo-cimento, com um mínimo de 2 MPa, de modo que nenhum dos valores individuais esteja abaixo de 1,7 MPa, na idade mínima de 7 dias, verifica-se que mesmo a incorporação do resíduo de caulim promovendo a redução da

resistência a compressão simples quando comparados aos resultados obtidos para os tijolos solo-cimento de referência, os resultados obtidos satisfazem os parâmetros normativos estabelecidos pela norma da ABNT NBR 8491 (ABNT, 2012).

Para Anjos (2011), o caulim possui grande quantidade de metacaulinita em sua composição, o que proporciona ao produto no qual ele é adicionado, aumento na densidade de empacotamento, redução da quantidade de água necessária para o processamento, o preenchimento, por meio de partículas ultrafinas de caulinita, dos espaços vazios existentes entre as partículas de maior tamanho, causando-lhe melhor fluidez, no entanto, devido à ausência de pozolanicidade, este resíduo não contribui para o ganho de resistência mecânica dos tijolos solo-cimento.

Assim, a utilização do resíduo de caulim na produção de tijolos solo-cimento permite reduzir o volume a ser descartado no meio ambiente e agrega valor ao mesmo, além de reduzir a extração de matérias-primas convencionais.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- A adição dos resíduos de caulim promoveu a redução da resistência à compressão simples dos tijolos solo-cimento devido à baixa quantidade de ferro nos seus componentes e por não apresentar uma atividade pozolânica;
- A diminuição de resistência (devido a adição de resíduos de caulim), não causa uma perda que compromete o tijolo de solo-cimento, pois apesar de diminuir a resistência do tijolo, ele ainda consegue um índice satisfatório de resistência, passando nos padrões normativos;
- A incorporação do resíduo de caulim como matéria-prima alternativa possibilita a redução do impacto ambiental, agrega valor a um material indesejável e minimiza a extração de matérias-primas convencionais utilizadas na produção de tijolos solo-cimento, argamassa, concreto, etc.
- A possibilidade de incorporação do resíduo de caulim em tijolos de solo-cimento, com incorporação de 10% e 20%, traz um fim sustentável para tal resíduo. A incorporação desse resíduo nos tijolos solo-cimento garante um fim sustentável para o mesmo, reduzindo assim sua necessidade de armazenamento e consequente descarte ao meio ambiente, o que acarreta na redução dos danos ambientais causados por tal resíduo.
- 

## REFERÊNCIAS

1. ABIKO, A.K (1983). **Solo-cimento: tijolos, blocos e paredes monolíticas**. In: Construção São Paulo n.1863. Pini-SP.
2. ANJOS, Cássia Mendonça dos. **Utilização de Resíduos de Caulim em Tijolos de Solo- Cal**. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB. 2011.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. São Paulo-SP, 1999.
4. ABCP, ET-35, 51p. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Fabricação de tijolos solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. ABCP e outros - São Paulo, 1985.
5. \_\_\_\_\_. NBR 6457 - Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986a. 9 p.
6. \_\_\_\_\_. NBR 8492 - Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1984f. 5 p.
7. \_\_\_\_\_. NBR 10832 - **Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual**. Rio de Janeiro, 1989. 3 p.
8. CASTRO, Sidley F. **Incorporação de resíduos de caulim em solo-cimento para construções civis**. Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB. 2008.
9. FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. S. **Estudo da Aplicação de Resíduo de Argamassa de Cimento nas Propriedades de Tijolos de Solo-Cimento**. Ilha Solteira-SP, 2004.
10. MERCADO, M. C. **Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso**. Dissertação de Mestrado FAU/USP, São Paulo, 1990.
11. MIELI, Priscilla Henriques. **Avaliação do Tijolo Modular de Solo-Cimento como Material na Construção Civil**. Curso de Engenharia de Materiais. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2009.
12. MOTA, J. D. et al. **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento**. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.
13. SOUZA, et al. **Avaliação de argamassas com cinza e casca de arroz**. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 51, 2007. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Salvador, BA, pp. 1-12, 2007.