

## **CORRELAÇÃO ENTRE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM E SEM ADIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS.**

Everaldo Vital Benvenuto (1); Angélica Talita Benevides Freitas (2); Yokiny Chanti Cordeiro Pessoa (3); Aluska Almeida Nascimento (4); Igor Alberto Dantas (5)

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [everaldo.benvenuto@gmail.com](mailto:everaldo.benvenuto@gmail.com) (1)*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [angelicatbfff@gmail.com](mailto:angelicatbfff@gmail.com) (2)*

*Universidade Federal de Campina Grande, [yokiny@hotmail.com](mailto:yokiny@hotmail.com) (3)*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [aluska.almeida@gmail.com](mailto:aluska.almeida@gmail.com) (4)*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [igor.dantas@ifpb.edu.br](mailto:igor.dantas@ifpb.edu.br) (5)*

**Resumo do artigo:** O presente artigo tem por objetivo estabelecer relações entre tijolos de solo-cimento comum e de solo-cimento com adição de Etileno Acetato de Vinila (EVA), que é um resíduo provindo da fabricação de calçados. Esse resíduo não é biodegradável, ou seja, é necessário que o mesmo obtenha outro destino que não seja o meio ambiente. Tal preocupação é vital no setor da construção civil, o qual é responsável por gerar grande quantidade de resíduos sólidos e emissão de CO<sup>2</sup> na atmosfera. Cumpre esclarecer que tijolo de solo-cimento pode ser definido como sendo uma técnica em que, além da utilização do solo, uma fração reduzida de cimento na composição. Para fazer a relação foi necessário fabricar tijolos com e sem essa adição e submetê-los a ensaios de compressão e absorção de água. Antes da produção dos tijolos foi necessário caracterizar o solo a ser utilizado para, em seguida, elaborar as proporções entre cimento, solo e argila. Por fim, após a confecção e estabilização dos materiais foi possível averiguar que os tijolos com adição de EVA não atenderam à todos os requisitos designados pelas normas técnicas. Posto isso, para as próximas prensagens serão elaborados novos traços, aumentando a proporção de argila e/ou EVA de maneira a usar a quantidade mínima possível de cimento. Vale ressaltar que este artigo é um recorte de Projeto de Extensão do IFPB Campus Campina Grande, o qual possui por nome “Incubadora para produção de materiais de construção não convencionais”. Esta iniciativa tem por objetivo proporcionar às famílias de baixa renda da comunidade local a possibilidade de produção e comercialização de tijolos ecológicos.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Tijolos de Solo-cimento; Resíduos Industriais.

### **Introdução**

O setor da construção civil encontra-se em crescente avanço no mundo inteiro. A construção do Burk Khalifa, nos Emirados Árabes, é um claro sinal de que a indústria tem superado barreiras, tendo em vista que o prédio é detentor do recorde de mais alto edifício do mundo, medindo 828m e possuindo 163 andares. Assim sendo, é necessário atentar para os impactos ambientais proporcionados pelo consumo desenfreado de recursos naturais e pela emissão de gases na atmosfera. Segundo STACHERA (2007), a construção de 11.941 casas populares em Belo Horizonte, Minas Gerais, lançou 677% mais CO<sup>2</sup> que o setor agropecuário brasileiro no ano de 2002.

Toda a intervenção feita pelo homem pode causar impactos ao meio ambiente assim como no meio social e econômico, sendo influenciada pelo porte, uso e funcionalidade da obra em questão, podendo variar de uma pequena a grande significância de impacto, como barragens, aterros, grandes terraplenagens, entre outros (STADOTTO, 2011, p. 174).

Logo, é importante buscar alternativas visando reduzir os impactos causados pela indústria da construção civil. Uma técnica de baixo nível de emissão de CO<sup>2</sup> é a construção com Bloco de Solo-Cimento, tijolo composto por solo e uma fração reduzida de cimento. O uso de uma quantidade menor de cimento é importante porque na fabricação do mesmo há uma considerável emissão de CO<sup>2</sup>.

Apesar de ser um material de construção milenar, o tijolo de solo-cimento apresenta características compatíveis com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras. Assim, o tijolo é considerado uma alternativa viável e ecológica para as construções da atualidade, considerando o baixo nível de cimento na sua composição.

Segundo Barbosa e Ghavami (2010), os tijolos de solo-cimento tem a vantagem de incorporar outros materiais em sua composição, como agregados reciclados e rejeitos industriais, além de representar uma economia de energia significativa, por dispensar a queima, como ocorre na fabricação do tijolo cerâmico convencional.

Conforme Silva (2008), os resíduos provenientes da indústria calçadista não são materiais biodegradáveis, e muitas vezes, são jogados em áreas de descarte ou ainda, são queimados a céu aberto ou em fornos industriais causando resíduos tóxicos, o que resulta em sérios problemas à saúde da população local. Por conseguinte, vale ressaltar que o presente estudo adotou o Etileno Acetato de Vinila (EVA) como resíduo industrial a ser adicionado na composição do tijolo de solo-cimento.

Assim sendo, partindo do pressuposto de que o tijolo de solo-cimento é uma técnica viável e sólida, e ainda, que a geração de resíduos nas mais variadas indústrias, em específico da indústria de calçados, é algo inevitável, o presente estudo busca investigar a viabilidade do uso dos resíduos provindo de indústrias de calçados (EVA) na fabricação de tijolos de solo-cimento, e ainda, estabelecer relações entre o tijolo fabricado com adição de EVA e o mesmo tijolo sem essa adição.

## **Metodologia**

Para realizar a confecção dos tijolos de solo-cimento é necessário que o solo a ser utilizado atenda aos requisitos mínimos estabelecidos por norma. Assim, priorizando o uso de solo local, foram coletados aproximadamente 4 m<sup>3</sup> de solo no Atmospha Residence, localizado na saída de Campina Grande para Lagoa Seca, na BR-104 à 25 minutos do Instituto. Além do critério tátil-visual, como a cor do solo, a seleção do material, para a fabricação dos tijolos solo-cimento foi baseada na norma NBR 10833(ABNT,2013), que possui as seguintes características:

- a) Passar 100% na peneira ABNT 4,8 mm (n° 4);
- b) Passar de 10% a 50% na peneira ABNT 0,075 mm (n° 200);
- c) Ter limite de liquidez menor ou igual a 45%;
- d) Ter índice de plasticidade menor ou igual a 18%

As amostras de solo foram preparadas de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2016) para realização dos seguintes ensaios de caracterização:

- 1) Análise granulométrica (NBR 7181/2016)
- 2) Determinação do Limite de Liquidez (NBR 6459/2016);
- 3) Determinação do Limite de Plasticidade (NBR 7180/2016);

Para a análise granulométrica foram coletados 4kg do solo passado na peneira 76 mm, a amostra foi secada em estufa por 24 horas, por conseguinte foi destorroada manualmente. Em seguida, foi realizado o quarteamento do solo coletado com o intuito de obter amostras suficientes para o ensaio. Duas partes da amostra quarteada foram passadas na peneira 2 mm, foram lavadas e colocadas na estufa para retirada total de umidade.

Do material passado na peneira de 2,0 mm, foram coletadas também três quantidades (para cada amostra) de 100 gramas para determinação do teor de umidade do solo e colocadas em cápsulas na estufa com temperatura de 110 °C, no período de 24h para secagem do material. O material seco retido na peneira de 2,0 mm foi pesado e passado manualmente nas peneiras de 50 mm, 38 mm, 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e 2,0 mm, e anotadas as massas retidas acumuladas em cada peneira, realizando-se assim o peneiramento grosso.

Sobre o peneiramento fino, à amostra passada na peneira 0,075 mm foi lavada e secada em estufa. Em seguida, essa amostra foi peneirada manualmente nas peneiras 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,30 mm, 0,15 mm, 0,075 mm, as massas obtidas em cada peneira foram anotadas para levantamento do gráfico.

Para realizar a determinação dos limites de liquidez e de plasticidade, a amostra necessária foi coletada, secada e destorroada

manualmente. Para o limite de liquidez, foram coletadas 200g de amostra passada na peneira 0,42 mm. Essa quantidade de material foi homogeneizada com água destilada, adicionada aos poucos, utilizando uma espátula por cerca de 30 minutos. Logo após, a amostra foi moldada na concha do aparelho Casagrande, de maneira que à espessura central do solo tenha aproximadamente 10 mm, utilizando o cinzel apropriado para solos argilosos foi feita uma ranhura no centro da massa inserida na concha. Ao ligar o aparelho, anotou-se a quantidades de golpes realizadas até a junção das bordas separadas pela ranhura central. E ainda, foi retirada uma quantidade pequena de material após a junção e colocada em capsula para medição e secagem em estufa. Esse procedimento foi repetido mais duas vezes afim de obter 3 resultados para determinação do limite de liquidez.

Para a determinação do limite de plasticidade, foi coletado 10 g do material homogeneizado para fazer uma esfera utilizando a palma das mãos de forma circular. Em seguida, essa esfera foi colada sobre uma superfície de vidro com movimentos de vai e vem até formar um cilindro e romper-se com aproximadamente 3 mm de espessura e 100 mm de comprimento de acordo com o gabarito de comparação. Os fragmentos rompidos foram transferidos para uma cápsula e colocados na estufa. O procedimento foi repetido mais duas vezes para a determinação do limite de plasticidade.

Após a caracterização do solo, foi preparada uma fração do mesmo para confecção dos tijolos. O material coletado foi secado em estufa, destorroado e passado na peneira 4,8 mm para homogeneização. Em seguida o mesmo material foi passado também na peneira 0,075 mm para separar a argila. Inicialmente, foram preparados dois traços: solo-cimento e solo-cimento com adição de EVA.

O primeiro traço foi composto de 1650g de solo, 185g de argila (10%), 185g de cimento (10%). O segundo traço foi composto por 1615g de solo, 185g de argila (10%), 185g de cimento e 35g de EVA. As dosagens adequadas para fabricação unitária dos tijolos foram colocadas em sacos, onde foram fabricados 20 tijolos de cada traço, do qual sete tijolos de cada traço foram utilizados para ensaio de compressão e três tijolos de cada traço foram utilizados para ensaio de absorção de água.

O material foi misturado em um recipiente liso e limpo, adicionando água gradativamente até chegar a umidade ideal. Logo após, a mistura foi transferida para o molde e prensada em prensa manual modelo Sahara com adaptação hidráulica. Os tijolos foram retirados e armazenados no laboratório para estabilização, os mesmos foram mantidos húmidos durante os sete primeiros dias.

## Resultados e Discussão

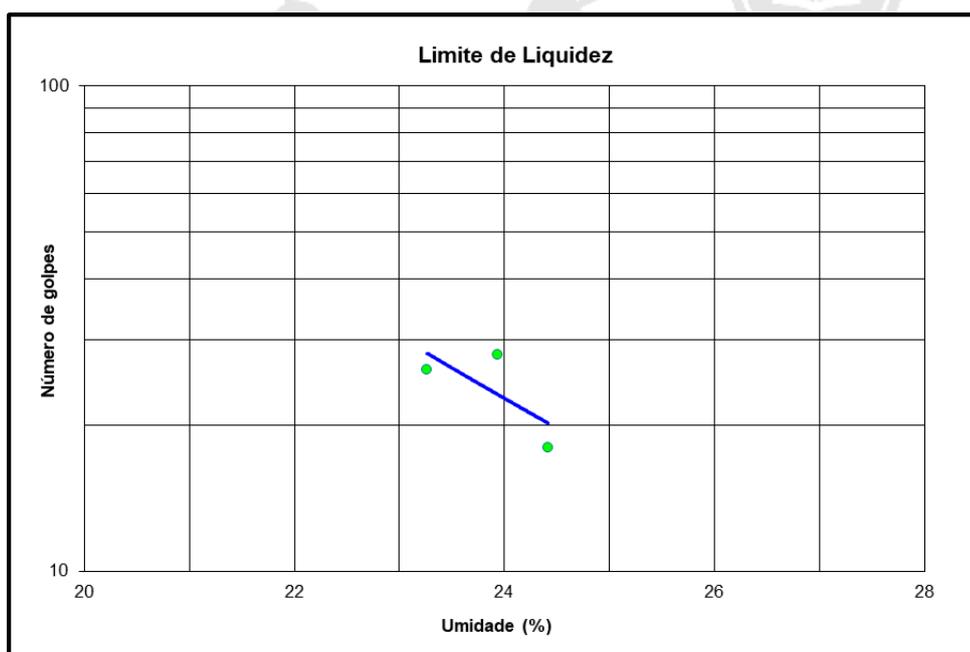
Conforme tabela 1, os dois primeiros resultados foram obtidos a partir dos ensaios de caracterização e os últimos foram obtidos a partir da NBR 7181 a qual orienta a quantidade de material a ser utilizado em suas respectivas dimensões para confecção dos tijolos:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	NORMA ABNT	VALOR
Limite de Liquidez (%)	6459/2016	24
Índice de Plasticidade (%)	7180/2016	18
Material que passa # 4,8 mm (%)	7181/2016	100
Material que passa # 0,075 mm (%)	7181/2016	10

**Tabela 1.**

A consistência do solo foi analisada para melhor caracterizar o seu comportamento quanto a sua moldabilidade. Com os ensaios de limite de liquidez e plasticidade foi possível verificar que o solo selecionado apresentou índice de plasticidade apropriado para fabricação dos tijolos, pelo fato de conter alta percentagem de finos, ou seja, material siltoso e argiloso. O teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico é 18%.

No teste de limite de liquidez, o teor de umidade correspondente a 25 golpes foi de 24% como mostra o Gráfico 1. Esta é a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo.



**Gráfico 1 - Limite de Liquidez**

A determinação do tamanho das partículas existentes no solo foi feita através da análise granulométrica. Os resultados foram expressos graficamente como mostra o Gráfico 2, caracterizando o solo como argiloso. Em outras palavras, o solo em questão é classificado como apropriado para fabricação de tijolos de solo-cimento.

#### DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

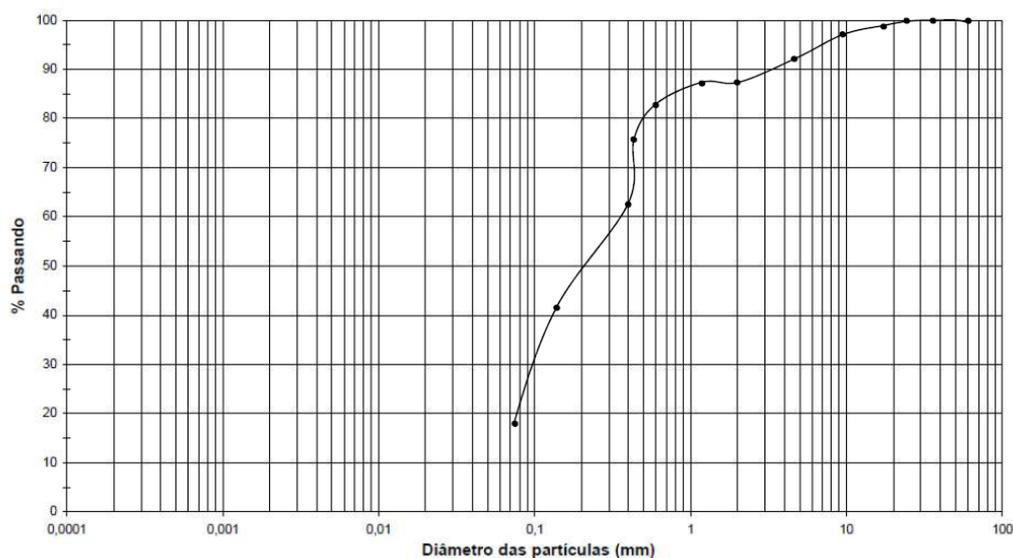
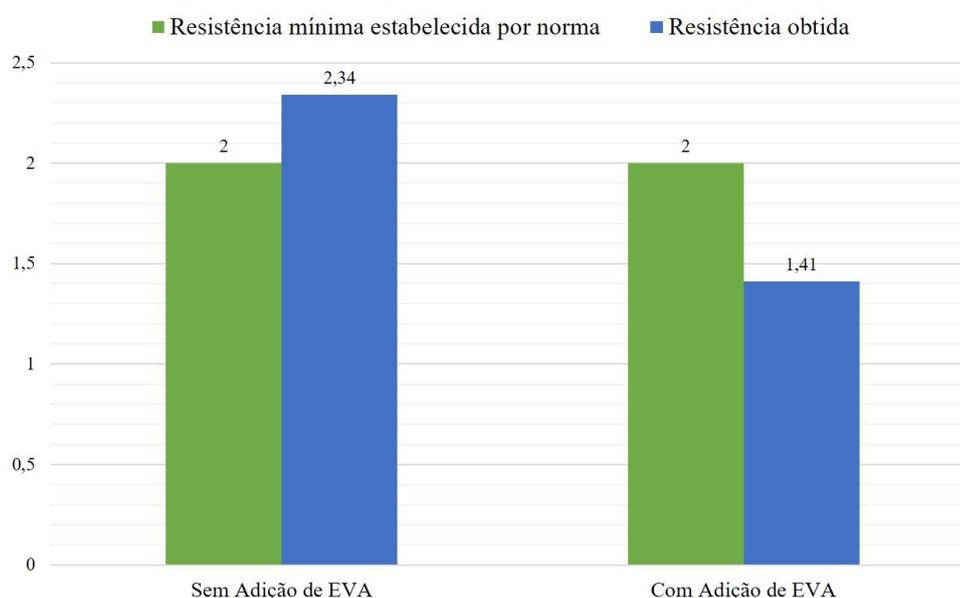


Gráfico 2 – Curva Granulométrica

Sabendo que o solo estudado possui as características necessárias para fabricação de tijolos de solo-cimento, esses foram fabricado e submetidos a ensaios de acordo com a NBR 10836/2013. Expõe-se a seguir os resultados obtidos.

Segundo a NBR 10834 (ABNT, 2013), a média da resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento precisa ser igual ou maior que 2 MPa. Considerando o gráfico 1, é possível perceber que os tijolos sem adição de EVA atingiram a resistência mínima estabelecida por norma. No entanto, os tijolos com adição de EVA apresentaram resistência inferior à requerida por norma.

### Resistência atingida no ensaio de compressão dos tijolos em relação a NBR 10834/2013 (MPa)



**Gráfico 3.**

Segundo a NBR 7170 (ABNT, 1983), a resistência à compressão mínima para tijolos maciços cerâmicos para alvenaria não estrutural é de 1,5 MPa, sendo assim, considerado de Classe A. Sabendo que o tijolo de solo-cimento e que os tijolos maciços cerâmicos não possuem finalidade estrutural, é possível estabelecer a seguinte relação: o tijolo com adição de EVA obteve a resistência próxima a de um tijolo cerâmico classe A, que possui a mesma finalidade de vedação em uma alvenaria.

A NBR 10834/2013 requer ainda, que nenhum dos sete tijolos obtenha resistência a compressão inferior a 1,7 Mpa. Analisando a tabela 1, nota-se que os tijolos sem adição de EVA atendem também a esse requisito. Porém, ao verificar individualmente suas resistências, nota-se que seis dos sete tijolos destinados ao ensaio de compressibilidade são reprovados nesse quesito. A tabela 2 detalha os resultados individuais de cada lote, sendo o primeiro produzido sem adição de EVA e o segundo sendo adicionado o resíduo.

### RESISTÊNCIA INDIVIDUAL ATINGIDA NO ENSAIO DE COMPRESSÃO DOS TIJOLOS

Nº DO TIJOLO	Tijolo sem Adição de EVA (MPa)	Tijolos com Adição de EVA (MPa)
1	2,20	1,12
2	2,57	1,29
3	2,42	1,64
4	2,46	2,08
5	2,21	1,10
6	2,4	1,16
7	2,15	1,50
MÉDIA	2,34	1,41

**Tabela 2 – Resistência Individual Atingida no Ensaio de Compressão dos Tijolos**

No que diz respeito à absorção de água, as amostras ensaiadas de acordo com a NBR 10836 devem apresentar a média dos valores de absorção igual ou menor que 20%, e nenhum dos valores individuais são superiores a 22% conforme mostra a tabela 3.

### Índice de Absorção de humidade dos Tijolos sem EVA

TIJOLO 1		TIJOLO 2		TIJOLO 3	
Massa 1	Massa 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1	Massa 2
2033	2360	2039	2362	2038	2374
Absorção de humidade		Absorção de humidade		Absorção de humidade	
16,08%		15,84%		14,15%	

**Tabela 3 – Absorção de água dos Tijolos sem EVA**

Na tabela acima, encontram-se os valores de massa dos tijolos antes e após a imersão em tanque durante um período de 24 horas. Através dessas informações é possível estabelecer valores de absorção de água. A média dos valores de absorção de água dos tijolos sem EVA é de 15,35%. Considerando os valores máximo estipulados por norma, é possível afirmar que os tijolos sem EVA estão de acordo com o padrão mínimo de qualidade.

A tabela 4 apresenta os resultados de absorção de água dos tijolos com adição de EVA. A média dos valores dos três tijolos é de 14,57%. Tal índice não somente é menor que o valor máximo estipulado por norma, como se apresenta ainda melhor que o valor apresentado pelos tijolos sem EVA.

### Índice de Absorção de humidade dos Tijolos com EVA

TIJOLO 1		TIJOLO 2		TIJOLO 3	
Massa 1	Massa 2	Massa 1	Massa 2	Massa 1	Massa 2
2034g	2292g	2032	2356	1988	2332
Absorção de humidade		Absorção de humidade		Absorção de humidade	
12,68%		13,75%		17,30%	

**Tabela 4 - Absorção de Água dos Tijolos com EVA**

### Conclusões

Através da investigação realizada, conclui-se que os tijolos de solo-cimento sem adição de EVA são apropriados para o uso em alvenaria não estrutural. O mesmo não somente apresentou resistência à compressão suficiente, como apresentou também valores satisfatórios de absorção de água. No entanto, os tijolos com adição de EVA obtiveram bons resultados se levado em conta somente o segundo quesito. No que diz respeito a resistência a compressão, os mesmos obtiveram valores inferiores aos mínimos estabelecidos em norma.

Conclui-se ainda que os resíduos oriundos da indústria calçadista apresentam potencial para serem utilizados na composição de tijolos, pois os resultados do teste de absorção de água foram relativamente melhores com EVA. Portanto, buscar-se-á fazer novos traços, adaptando o uso de EVA na composição, de modo que os tijolos sejam aprovados no ensaio de compressão.

Dessa forma, iniciativas como essa torna possível a promoção do desenvolvimento sustentável no âmbito da construção civil, reduzindo a emissão de gases na atmosfera, gerenciando resíduos que seriam descartados diretamente na natureza e, conseqüentemente, diminuindo o impacto ambiental.

### Referências Bibliográficas

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834: **Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.**
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10836: **Bloco de solo-cimento sem função estrutural – análise dimensional, determinação da resistência à compressão e a absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.**
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de**

- compactação e ensaio de caracterização.** Rio de Janeiro, 2016.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 2016.
  5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 2016.
  6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 2016.
  7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833: Fabricação de tijolos e bloco de solocimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2013.
  8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais.** 3.ed.rev.atual. São Paulo, ABCP, 2000. 16p. (BT-111)
  9. FREITAS, A. T. B. *et al.* Caracterização do solo do IFPB Campus Campina Grande para a produção de tijolos de solo-cimento. **Revista Práxis: saberes da extensão**, [S.l.], v. 5, n. 9, p. 13-22, mai. 2017. ISSN 2525-5355. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/praxis/article/view/1245>>. Acesso em: 27 Ago. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/2318-23692017v5n9p13-22>.
  10. SILVA, E. P. NASCIMENTO, J. W. B. BARBOSA, N. P. *et al.* 5. Avaliação de painéis de tijolos prensados de solo-cimento incorporados com resíduos de calçados (EVA). **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2, 2008.
  11. NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.). **Técnicas de construção com terra.** Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acessado em 28/02/2017.
  12. PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução.** Brasília: MMA, 2008. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acessado em 28/02/2017.
  13. SPADOTTO, A.; DALLA NORA, D; TURELLA, E. C. L. *et al.* Impactos ambientais causados pela construção civil. **Unoesc & Ciência-ACSA**, v.2, n. 2, p. 173-180, 2012.
  14. STACHERA, T., CASAGRANDE, E. (2007). Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. **IX ENGEMA—Encontro Nacional sobre Gestão e Meio Ambiente**, Curitiba.
  15. BARBOSA, N. P. S; GHAVAMI. K. Terra Crua para Edificações. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e**

Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2010, 2ª.Ed. v.2. Cap.25.p.1565–1598.

