

## **TIJOLO DE SOLO-CIMENTO: AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL**

JOÃO VICTOR DA CUNHA OLIVEIRA<sup>1\*</sup>; FRANKSLALE FABIAN DINIZ DE ANDRADE MEIRA<sup>2</sup>;  
JOELSON SOUZA ISIDRO DOS SANTOS<sup>3</sup>; LEILA SOARES VIEGAS BARRETO CHAGAS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando de CST em Construção de Edifícios, IFPB, Campina Grande-PB, joavictorwo@gmail.com;

<sup>2</sup>Dr. em Eng. Civil, Prof. EBTT, IFPB, Campina Grande-PB, frankslale.meira@ifpb.edu.br;

<sup>3</sup>Estudante de Mineração, IFPB, Campina Grande-PB, joelsonisidro700@gmail.com;

<sup>4</sup>Doutoranda em Eng. Civil, Prof. EBTT, IFSPE, Salgueiro-PE, leila\_viegas@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Através da perspectiva ambiental em produzir novos materiais de construção com inclusão de resíduos que melhorem suas propriedades e, ao mesmo tempo, promovam uma prática mitigadora dos impactos ambientais, objetiva-se com esse trabalho estudar as propriedades físico-químicas da água de amassamento utilizada na confecção de tijolos de solo-cimento, incorporando em sua composição o resíduo da extração da scheelita, proveniente dos drenos de ar condicionado do IFPB Campus Campina Grande, da mesma forma que avaliar a resistência à compressão axial dos protótipos mediante cura acelerada, utilizando metodologia de secagem em estufa à 200°C por 24 horas. Através de seus respectivos gráficos de força x deslocamento, viu-se que as resistências obtidas para os traços com resíduos, perante o de referência, demonstraram melhor desempenho mecânico, com teor de resíduo em 27% mais adequado para a aplicação em pavimentos intertravados. A qualidade da água utilizada para fabricar o material, além de assegurar melhor potencial químico na reação de hidratação com base nas normas pertinentes, promove a redução do uso da água do abastecimento público, que advém de manancial com aporte hídrico relativamente reduzido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo-cimento, scheelita, pavimento intertravado, água de amassamento, resistência à compressão.

### **SOIL-CEMENT BRICK: WATER PHYSIOCHEMICAL ASSESSMENT OF KNEADING AND RESISTANCE TO AXIAL COMPRESSION**

**ABSTRACT:** Through the environmental perspective in producing new building materials including waste to improve their properties and at the same time, promote a practice mitigation of environmental impacts, the goal with this work to study the properties physical-chemical properties of the water used in mixing of soil-cement bricks, incorporating in your composition the scheelite extraction residue from air conditioning drains the Instituto Federal da Paraíba (IFPB) Campus Campina Grande, in the same way that evaluate the axial compressive strength of prototypes through accelerated healing using kiln drying methodology to 200° C for 24 hours. Through their respective graphs of force x displacement saw that resistances for the traits with reference to the waste showed better mechanical performance, containing residue in 27% more suitable for application on decks Interlocked. The quality of the water used to manufacture the material, as well as ensuring better chemical potential in the hydration reaction on the basis of the relevant standards, promotes a reduction in the use of water from public water supply, which comes from spring with water supply relatively small.

**KEYWORDS:** Soil-cement, scheelite, pavement interlocked, water of kneading, compression resistance.

### **INTRODUÇÃO**

A geração de resíduos sólidos nos últimos anos avançou de forma desproporcional frente ao planejamento para o correto descarte sem agredir o meio ambiente, e além do melhoramento das

políticas ambientais no que se refere à destinação final desses resíduos, a construção civil engaja administrar nos materiais de construção subprodutos que ratificam uma redução plausível dos impactos ambientais e no uso de matérias-primas não renováveis e com grande demanda de uso.

Grande parte dos materiais não convencionais desenvolvidos na atualidade envolvem tecnologias simplificadas, como o solo-cimento, que pode ser definido como "um produto cerâmico resultante da mistura de solo arenoso, cimento e água em proporções predeterminadas" (Rodrigues & Holanda, 2013), além de conferir ao material alta resistência mecânica à absorção de água, ao inchamento e à contração do material depois do processo de cura pela adição do cimento Portland como estabilizador (Ferreira et al., 2008).

Rolim et al. (1999), enfatizam que o solo-cimento constitui-se como um dos principais elementos de construções com terra, destacando-se, também, pelo potencial de envolver em sua mistura resíduos diversos, pois "a indústria da construção civil possui [...] grande potencial de poder absorver seus próprios resíduos e os resíduos das outras esferas industriais" (Cunha Oliveira & Cavalcante, 2017).

Conforme Helene (1999), a água de amassamento é um fator que interfere diretamente na qualidade dos produtos de matriz cimentícia, seja na própria composição ou na relação água/cimento. A relação água/cimento é um fator que influencia na suscetibilidade desses materiais ao ingresso de agentes externos, pois interferem na porosidade, permeabilidade e capacidade de absorção de água.

A NBR 15900-1/2009 determina que acerca das atividades de construção civil, a água de amassamento, utilizada para fazer a mistura do cimento com os agregados, não pode apresentar pH menor que 5,0 (água ácida) e teor de sulfato superior a 2000 mg/L.

Mediante a tentativa de implantar medidas mitigadoras para redução no uso das matérias-primas utilizadas na fabricação do tijolo de solo-cimento, realizou-se a incorporação do resíduo da extração da scheelita, em substituição ao agregado miúdo (areia), e para a homogeneização da massa, utilizou-se a água proveniente dos drenos de ar condicionado do IFPB Campus Campina Grande, objetivando neste trabalho avaliar as propriedades físico-químicas da mesma, bem como a resistência à compressão axial dos tijolos fabricados.

## MATERIAL E MÉTODOS

A fabricação dos protótipos foi realizada no Laboratório de Geotecnia do Instituto Federal da Paraíba – Campus Campina Grande, com estudo de resistência à compressão axial no Laboratório de Engenharia de Pavimentos, da Universidade Federal de Campina Grande – Campus I, e realização da determinação físico-química da água no Laboratório de Química Analítica, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Campina Grande.

As formulações determinadas para execução dos tijolos priorizou estabelecer o quantitativo de 10% de cimento (CP II Z-32), para 90% de solo, sendo utilizado na fabricação dos moldes após peneiramento em peneira ABNT nº 4 # (4,76 mm) e pelo destorroamento do material, que consistiu em desagregar os grãos maiores buscando conferir propriedades argilosas ao agregado pelo aumento do teor de finos, com a água de homogeneização variando de 5 a 10% em peso total do material seco, definido ao final do planejamento para possuir 2.000 g. A aplicação do resíduo mineral ocorreu de forma concomitante à retirada do solo da composição do tijolo, em frações de 9% (Tabela 1).

Tabela 1. Quantitativos dos materiais aplicados no estudo.

Composições	Percentuais		
	Cimento	Solo	Resíduo
B	10%	90%	0%
B1	10%	81%	9%
B2	10%	72%	18%
B3	10%	63%	27%
B4	10%	54%	36%
B5	10%	45%	45%

Com traço de 1:9,0:1 (cimento, areia e água), o procedimento de conformação dos tijolos, de geometria paralelepipedal (Figura 1), iniciou-se com a mistura dos materiais a seco em sacos plásticos, para depois ser realizada a homogeneização com a água de amassamento, de forma manual, com etapa de 1 tijolo por vez. Depois de moldados, os protótipos repousaram em temperatura ambiente pelas

primeiras 24 horas com primeira molhagem superficial após 10 horas da realização da prensagem (tempo de fim de pega), para que assim fossem destinados à etapa de secagem acelerada em estufa, com circulação de ar forçada, com temperatura constante de 200°C por 24 horas.

Posterior a secagem, os tijolos foram dispostos em bancadas, permanecendo à temperatura ambiente, sem posteriores umedecimentos, até atingirem 28 dias de hidratação, para serem submetidos ao teste de resistência mecânica por compressão axial perante a NBR 10836/2013, na qual utilizou-se prensa hidráulica SHIMADZU Modelo ServoPulser com capacidade para 10 Toneladas.

A água de amassamento foi coletada dos drenos de ar condicionado da biblioteca do IFPB – Campus Campina Grande, do bloco da biblioteca central, que destina a água produzida pelos condicionadores climáticos para um reservatório semienterrado fabricado em polietileno (Figura 1).

Figura 1. Esquema de drenagem dos condicionadores de ar, e protótipo de solo-cimento fabricado.



Após a coleta da amostra, a mesma foi destinada para realização dos testes de pH, Temperatura (°C), Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (ppm à 25°C), Cinzas (% Cz à 20°C), Alcalinidade (mg/L), Cloretos (mg/L), Cor (uH), Acidez Carbônica (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) e Durezas de Cálcio (mg/L), Magnésio (mg/L) e Total (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), abrangendo a titulometria e imersão direta como técnicas para este estudo (Menezes et al., 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Respaldo-se na NBR 15900-1/2009, que determina a qualidade da água de amassamento para concretos e argamassas (materiais que levam cimento em sua composição), pode-se observar que os valores obtidos para os ensaios físico-químicos com a água utilizada na fabricação de tijolos de solo-cimento não ultrapassaram, em nenhum parâmetro, os Valores Máximos Permitidos (VMP) (Tabela 2). A mesma ainda enfatiza que o pH, os teores de alcalinidade e cloretos são os mais importantes para uma avaliação do comportamento do material durante e após o processo de mistura e conformação, onde os mesmos podem conferir ao composto alterações na porosidade, resistência à compressão e à absorção de água, favorecendo o aparecimento de patologias, como a eflorescência.

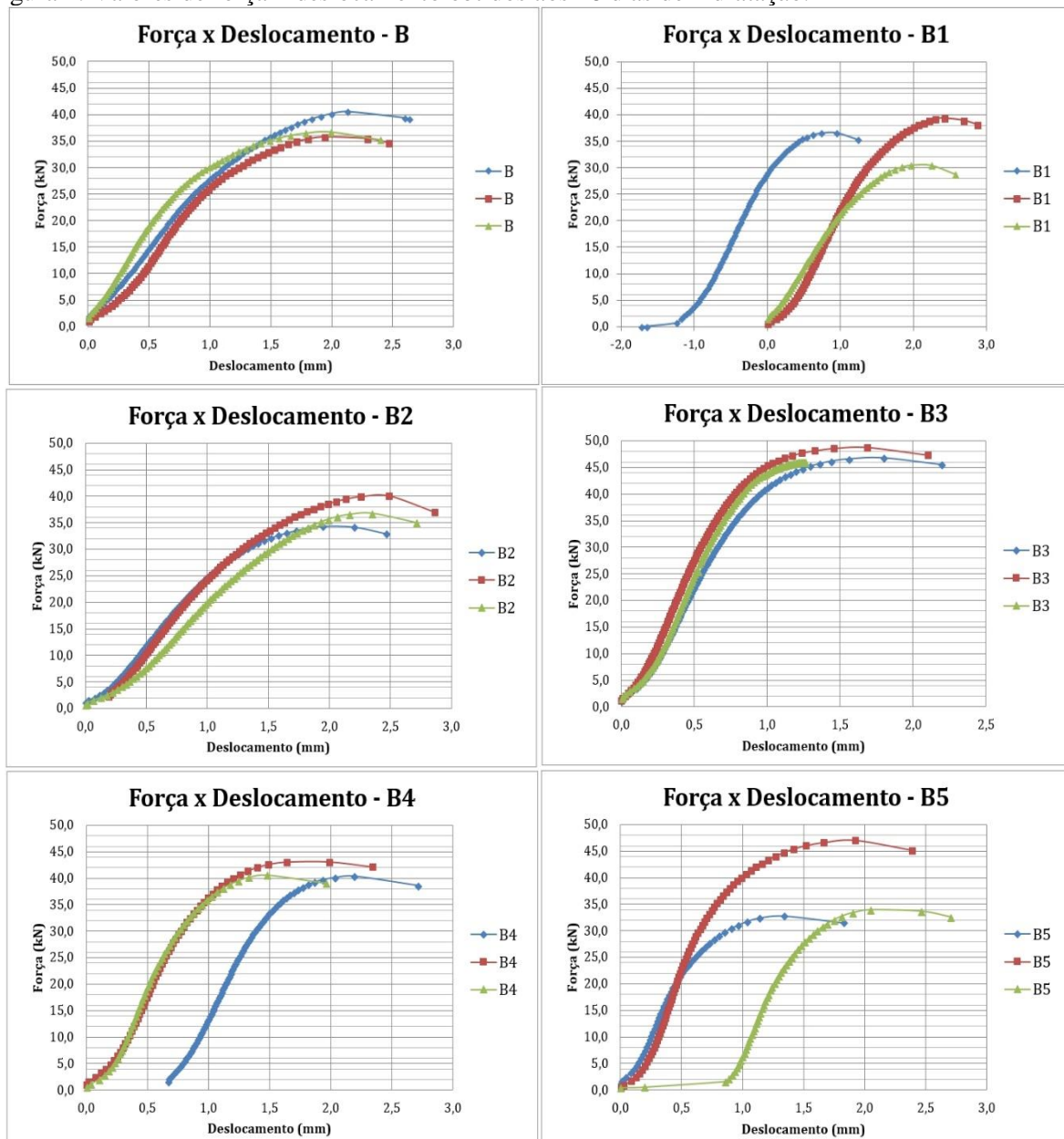
Tabela 2. Determinações físico-químicas da água dos condicionadores de ar da biblioteca do IFPB – Campus Campina Grande.

Parâmetros Analisados	Água do Ar Condicionado	VMP
Potencial Hidrogeniônico	6,33	$\geq 5$
Temperatura (°C)	25,46	
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	27,16	
STD (ppm à 25°C)	12,77	
Cinzas (% Cz à 20°C)	0,0132	
Alcalinidade (mg/L)	2,83	1500
Cloretos (mg/L)	4,444	4500
Cor (uH)	11,66	
Acidez Carbônica (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	0,3	
Dureza Total (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	Ausente	
Dureza de Cálcio (mg/L)	Ausente	
Dureza de Magnésio (mg/L)	Ausente	

O potencial hidrogeniônico enquadrou-se dentro do limite mínimo permitido pela norma, com valor superior em 26,6%. A alcalinidade expôs valor demasiadamente baixo em relação à NBR 15900-1/2009, podendo caracterizar essa água como pura, pela pouca existência de substâncias que neutralizam agentes ácidos. O teor de cloretos apresentou, também, valor muito inferior ao valor máximo permitido pela norma, e o limite de 4500 mg/L é para concreto simples (sem armadura), havendo outros 2 limites: para concreto armado (1000 mg/L), e para concreto protendido ou graute (500 mg/L), sendo empregável para todos os casos, além do tijolo de solo-cimento (material de matriz cimentícia), a água produzida pelos ar condicionados da biblioteca do IFPB – Campus Campina Grande. A dureza total denotou-se ausente, e em consequência disso, os teores de magnésio e cálcio também se apresentaram ausentes.

Através da resistividade à compressão axial frente ao carregamento constante de 500 N/s designado pela NBR 10836/2013, observou-se que, mediante a Figura 2, o traço com 27% de resíduo da extração da scheelita substituindo o agregado miúdo na composição (traço B3), alcançou valor de 48,79 kN para o melhor espécime ensaiado, favorecendo a aplicação do material em pavimentos intertravados com baixas solicitações de carregamento (tráfego leve). Confrontando com o traço de referência (B), notou-se que o resíduo mineral contribuiu para um aumento de 20% no valor da resistência aos 28 dias, com traço de referência atingindo 40,52 kN.

Figura 2. Valores de força x deslocamento obtidos aos 28 dias de hidratação.



Pode-se compreender que além da elevada resistência para o traço com 27% de resíduo mineral, o deslocamento frente à resistência também evidenciou-se melhor quando comparado com a amostragem global, expondo a menor deformação média de 1,85mm para o carregamento médio de 46,29 kN dos três espécimes ensaiados, e havendo menor deformação geométrica quando carregado, o piso quando acabado não estará suscetível às falhas no alinhamento ou nas juntas.

O processo de secagem acelerada em estufa com circulação de ar forçada, por período de 24 horas à 200°C, após 24 horas de fabricação do material, atua como agente facilitador no que se refere à agilidade na fabricação desse material, acelerando o processo de produção e não reduzindo suas propriedades mecânicas durante a secagem e processo de armazenamento, além de melhorar no processo de hidratação do cimento, densificando a sua microestrutura através de um processo de cura acelerado, pois o tijolo ainda retém bastante umidade quando submetido ao processo (Cunha Oliveira et al., 2018).

## **CONCLUSÃO**

As formulações empregadas para o estudo de tijolos de solo-cimento, utilizando o resíduo mineral da extração da scheelita como substituto parcial do agregado miúdo, possuem viabilidade de aplicação em pavimentos intertravados, destinados para pedestres, porém com ênfase para o traço com melhor desempenho mecânico (B3) aplicando em sua composição 27% de resíduo mineral.

A água de amassamento aplicada para o estudo corrobora, mediante avaliação físico-química, total aplicação no desenvolvimento dessa tecnologia não convencional, como também atesta o emprego em outros compósitos de matriz cimentícia.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq pela concessão da bolsa, na modalidade PIBITI, ao primeiro autor. Ao IFPB – Campus Campina Grande pelo suporte laboratorial na fabricação dos protótipos e na avaliação físico-química da água. À UFCG – Campus Campina Grande pela realização do teste de compressão axial, em especial à professora Lêda C. de F. L. Lucena.

## **REFERÊNCIAS**

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10836 – Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.
- Cunha Oliveira, J. V. da; Cavalcante, K. L. Estado da arte do desenvolvimento de concretos sustentáveis para aplicações em estruturas convencionais. In: Pacheco, C. S. G. R. Recursos naturais e convivência sustentável no Semiárido. Petrolina: IFSertão-PE, 2017. Cap.6, p.44-54.
- Cunha Oliveira, J. V. da; Meira, F. F. D. de A.; André, T. C. S. dos S. Resistência mecânica de tijolos maciços do tipo solo-cimento compostos parcialmente por rejeito mineral. In: Cirne, L. E. da M. R; Francisco, P. R. M.; Farias, S. A. R. Gestão Integrada de Resíduos: Universidade & Comunidade. Campina Grande: EPGRAF, 2018. Cap.79, p.325-328.
- Ferreira, R. de C.; Gobo, J. C. da C.; Cunha, A. H. N. Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento. Engenharia Agrícola, v.28, n.1, p.1-11, 2008.
- Helene, P. R. do L. Vida útil das estruturas de concreto. In: International Conference on High-Performance Concrete and Performance and Quality of Concrete Structures, 1999. Gramado. Anais... Gramado, 1999.
- Menezes, W. M. de S.; Bandeira, P. L.; Araújo, N. S. de; Silva Filho, E. D. da. Análise físico-química de água de um poço amazonas situado na zona rural do município de Itambé-PE. In: Encontro Internacional de Jovens Investigadores, 2017. Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2017.
- Rodrigues, L. P.; Holanda, J. N. F. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. Cerâmica, v.59, n.352, p.551-556, 2013.
- Rolim, M. M.; Freire, W. J.; Beraldo, A. L. Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos-de-prova, tijolos e painéis de solo-cimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.1, p.89-92, 1999.