

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMPARATIVA ENTRE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO CONVENCIONAIS E COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO PELA ESCÓRIA DE FORNO ELÉTRICO

EVANGELISTA, Beatriz L.¹; PETEADO, Carmenlucia S. G.²

¹ Tecnóloga em Controle Ambiental, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Limeira, São Paulo, beatriz.e.leao@gmail.com.

² Prof. Doutora na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Limeira, São Paulo, carmenlucia@ft.unicamp.br.

RESUMO – Esta pesquisa estudou a viabilidade técnica e ambiental do uso da escória de forno elétrico (EFE), um resíduo produzido em usinas siderúrgicas semi-integradas, como substituto do agregado graúdo na produção de peças de concreto para pavimentação (*pavers*). A viabilidade técnica foi realizada de acordo com as normas técnicas vigentes, produzindo *pavers* com incorporação de EFE nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100%. Os resultados expressam que as proporções de 25% e 50% atenderam as exigências da ABNT NBR 9781:2013. A partir das quantidades de materiais utilizados para produção das peças de concreto, e considerando os dados primários e secundários para a produção do agregado natural e da EFE, está sendo realizado o estudo de avaliação do ciclo de vida (ACV), comparando-se os aspectos e impactos ambientais para a produção das peças de concreto convencionais, com aqueles resultantes do uso da EFE como substituto do agregado graúdo.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, escória de forno elétrico, peças de concreto para pavimentação.

INTRODUÇÃO

A escória de forno elétrico (EFE) é um resíduo da produção do aço em siderúrgicas semi-integradas, e que em muitos casos, é destinada para aterros (Rondi et al., 2016); trata-se de um material pedregoso, coeso e ligeiramente poroso, pesado, duro e resistente, e de cor negra devido a presença de óxidos de ferro. Aproximadamente 80% da EFE em peso corresponde a óxidos de cálcio, sílica e ferro; alumínio, magnésio, manganês e fósforo também estão presentes (Arribas et al., 2015).

A reutilização da EFE como matéria prima na construção civil tem por objetivos reduzir o consumo de agregados naturais (recursos não renováveis) e a quantidade de escória destinada a aterros (Rondi et al., 2016). Entretanto, a aplicação segura de resíduos como materiais alternativos de construção exige investigações sobre o comportamento mecânico e estrutural do material (avaliação técnica), e dos aspectos ambientais relacionados ao ciclo de vida do material em questão. Deste modo esta pesquisa contempla a análise comparativa da incorporação da EFE em substituição ao agregado natural em peças de pavimentação, por meio da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em duas etapas: avaliação técnica e avaliação ambiental. Na primeira etapa, foi realizada a moldagem e caracterização dos *pavers*, utilizando o traço 1: 1,95: 3,04: 0,33: 0,55 (cimento: areia: brita 0: pó de pedra: relação água/cimento), com substituição da brita 0

pela EFE nas proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, considerando a diferença de densidade dos materiais. As normas técnicas utilizadas nesta etapa são expressas na Tabela 1.

Tabela 1. Normas técnicas utilizadas para determinar a viabilidade técnica.

Norma técnica	Objetivo
NBR 23:2001	Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica
NBR NM 30:2001	Agregado miúdo – Determinação da absorção de água
NBR NM 52:2009	Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente
NBR NM 53:2009	Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa aparente e absorção da água
ABN NBR 67:1998	Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
NBR NM 248:2003	Agregados – Determinação da Composição Granulométrica
NBR 5738:2003	Concreto – Procedimento para moldagem de corpos de prova
NBR 5739:2007	Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
NBR 9781:2013	Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio

A segunda etapa compreende a avaliação ambiental, utilizando a ACV e encontra-se em fase de desenvolvimento. A metodologia da ACV divide-se quatro etapas: definição do objetivo e escopo, análise de inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e interpretação dos resultados. Neste estudo, foram determinados cenários distintos, a partir de diferentes porcentagens de substituição da brita 0 pela EFE. Os dados sobre a EFE (obtidos na empresa geradora do resíduo) e dados sobre a brita 0 (dados obtidos em banco de dados) foram inseridos no software *SimaPro*. Os dados fornecidos pelo software serão interpretados, e a partir de então, será determinado o melhor cenário para o uso da EFE em substituição ao agregado graúdo na produção de *pavers*.

RESULTADOS PARCIAIS

A norma ABNT NBR 9781:2013 exige para *pavers* uma resistência a compressão aos 28 dias maior e/ou igual a 35 MPa para tráfego de veículos leves, e maior e/ou igual a 50 MPa para veículos pesados, e ainda limita a absorção de água a 6%.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos na caracterização do concreto (ensaio de abatimento do tronco de cone) e na caracterização dos *pavers* (resistência à compressão e absorção de água).

Nota-se que a consistência do concreto aumenta com o aumento da incorporação de EFE. Os *pavers* com incorporação de EFE tiveram uma redução de resistência em relação ao concreto referência. Embora tenha ocorrido esta redução, todos os traços analisados atenderam a ABNT NBR 9781:2003, para tráfego de veículo leve. Entretanto, as porcentagens de 75% e 100% não atenderam os requisitos quanto a absorção de água.

Tabela 2. Resultados do ensaio de abatimento do tronco de cone, de resistência à compressão e absorção de água.

Porcentagens de EFE	Abatimento do tronco de cone (mm)	Resistência à compressão (MPa)		Absorção de água (%)
		7 dias	28 dias	28 dias
0%	20	37,1	49,1	4,8
25%	55	40,6	47	5,5
50%	60	37,7	45,4	5,9
75%	77	34,6	43,4	6,1
100%	90	32,9	40,8	6,2

Com base nos resultados da avaliação técnica, o estudo de ACV está sendo conduzido de modo a comparar os *pavers* sem adição da EFE (com agregado natural) e com adição de 50% da EFE (maior porcentagem de incorporação que atende aos requisitos técnicos).

CONCLUSÕES PARCIAIS

O uso da EFE em substituição ao agregado graúdo, na produção de *pavers*, nas proporções de 25 e 50% atenderam as exigências normativas. Para usar em maiores proporções, deve-se testar outros traços que satisfaçam os requisitos exigidos.

REFERÊNCIAS

ARRIBAS, I.; SANTAMARÍA, A.; RUIZ, E.; LÓPEZ, O. V.; MANSO, J. M. Electric arc furnace slag and its use in hydraulic concrete. *Construction and Building Materials*, v. 90, p. 68-79, 2015.

RONDI, L.; BREGOLI, G.; SORLINI, S.; COMINOLI, L.; COLLIVIGNARELLI, C.; PLIZZARI, G. Concrete with EAF steel slag as aggregate: A comprehensive technical and environmental characterization. *Composites Part B*, v. 90, p. 195-202, 2016.