

Proposta de Projeto de Doutoramento a Desenvolver no Âmbito do 1º Concurso para Atribuição de Bolsas de Investigação na Área de Engenharia Civil

1. Título do projeto

Título: Utilização de sub-produtos industriais em infraestruturas de transporte

Palavras-chave: escórias de siderurgia; camadas não ligadas de pavimentos; comportamento mecânico

Referência: CEE_EC_FEUP5

2. Instituições envolvidas

Instituição onde o doutoramento será realizado: FEUP

Outras instituições participantes no projeto de investigação: Universidade Eduardo Mondlane

3. Equipa de Orientação

Orientador: Sara Rios

4. Descrição do Projeto

A construção de infraestruturas de transporte envolve um elevado consumo de matérias primas naturais, nem sempre disponíveis e cuja exploração tem um impacto significativo a nível económico e no ambiente. Nesse sentido, é fundamental a incorporação de sub-produtos industriais em camadas granulares de pavimentos rodoviários (base, sub-base e leito) para dar um destino a esses materiais, mas também para reduzir o consumo de materiais naturais. Neste trabalho, pretende-se estudar o comportamento mecânico de escórias de aciaria estabilizadas quando aplicadas nessas camadas granulares não ligadas dos pavimentos por comparação com o desempenho de um agregado convencional de material natural.

Apesar das escórias já serem utilizadas para este fim em alguns países, o seu comportamento a longo prazo sob um número elevado de ciclos não tem sido significativamente estudado. Moçambique tem apostado na reconstrução de estradas destruídas pelos recentes ciclones, bem como na extensão e requalificação da sua rede viária, o que requer uma quantidade significativa de agregados de boa qualidade por vezes inexistentes nalgumas zonas. Por outro lado, Moçambique tem tido alguma indústria siderúrgica por vezes exportando as escórias e outros sub-produtos dessa indústria, desconhecendo-se a utilização das escórias para este fim.

Este trabalho começará pela recolha de informação sobre o tipo de escórias a serem utilizadas nomeadamente realizando ensaios nas partículas de forma a perceber a sua granulometria, resistência ao esmagamento e ao desgaste (Ensaio Los Angeles e Micro Deval), bem como potencial expansibilidade. Serão também analisadas propriedades de compactação através de ensaios Proctor Modificado e do Índice CBR. De seguida, o comportamento de degradação a longo prazo destas misturas será avaliado através de ensaios triaxiais cíclicos na direção axial e radial de acordo com o método A da norma europeia EN 13286-7 (CEN, 2004), utilizando o sistema multi-axial para ensaios cíclicos disponível no Laboratório de Geotecnia da FEUP. Nestes ensaios é aplicada uma pressão cíclica na célula em fase com a carga axial para avaliar de forma mais realista as cargas

atuantes no pavimento, e assim obter a evolução do módulo resiliente e da deformação permanente. Estudos anteriores (Rios, 2011; Viana da Fonseca et al., 2013; Delgado et al., 2019) mostraram que o número de ciclos preconizado na norma não é suficiente para obter um comportamento estável da deformação permanente a longo prazo à luz do conceito de shakedown pelo que os ensaios serão realizados com um número maior de ciclos. Esta informação será complementada com ensaios com transdutores ultrassónicos para determinação da velocidade de propagação das ondas sísmicas (Viana da Fonseca et al., 2014, Rios et al., 2017) antes e depois da ciclagem para avaliar a degradação dos módulos elásticos durante um grande número de ciclos.

Estes resultados serão utilizados para calibração de um modelo de deformação permanente de longo prazo, que incorpore uma modelação numérica considerando modelos contínuos (MEF). Os resultados obtidos serão utilizados para propor linhas orientadoras sobre a forma como as infraestruturas de transporte que integrem materiais alternativos podem ser projetadas, construídas e mantidas.

5. Referências Bibliográficas

Delgado, B., Viana da Fonseca, A., Fortunato, E., Maia, P. (2019). Mechanical behavior of inert steel slag ballast for heavy haul rail track: Laboratory evaluation, *Transportation Geotechnics*, 20, <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2019.100243>

Rios, S., 2011, “A General Framework for the Geomechanical Characterisation of Artificially Cemented Soil,” Ph.D. thesis, Univ. of Porto, Portugal.

Rios, S., Cristelo, N., Viana da Fonseca, A., Ferreira, C. (2017). Stiffness Behavior of Soil Stabilized with Alkali-Activated Fly Ash from Small to Large Strains. *International Journal of Geomechanics*, 17(3), 1-12 doi: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000783

Viana da Fonseca, A., Rios, S., Amaral, M. F., and Panico, F., (2013) “Fatigue Cyclic Tests on Artificially Cemented Soil,” *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 36, No. 2, pp. 1–10, doi:10.1520/GTJ20120113. ISSN 0149-6115

Viana da Fonseca, A., Amaral, M.F., Panico, F. and Rios, S. (2014). Indexation of Dynamic and Static Geomechanical Properties of a Cemented Aggregate for Transportation Engineering. *Transportation Geotechnics*, 1(1), 31-44, doi:10.1016/j.trgeo.2014.02.001