

ARTIGO REF: 6901

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO NO MELHORAMENTO DE SOLOS PARA ATERROS RODOVIÁRIOS

Miguel Sousa, Dinis Gardete^(*), Rosa Luzia

Instituto Politécnico de Castelo Branco, UTC Eng.^a Civil, Castelo Branco, Portugal

^(*)Email: dgardete@ipcb.pt

RESUMO

A estabilização de solos com resíduos apresenta-se como uma solução interessante do ponto de vista ambiental e técnico. Neste trabalho utilizaram-se resíduos plásticos para avaliar como o comportamento de um solo poderia ser melhorado para a construção de aterros para vias de comunicação. Foi selecionado um solo com baixa propensão para a sua utilização misturando com diferentes percentagens de resíduo plástico. O resíduo plástico foi obtido da trituração de etiquetas de embalagem realizadas em polietileno (PE) e polipropileno (PP). A estabilização com o resíduo plástico conduziu a um aumento de resistência do solo no ensaio CBR (Califórnia Bearing Ratio), redução da baridade seca máxima e aumento da expansibilidade.

INTRODUÇÃO

A utilização de soluções económicas e que permitam aproveitar resíduos no melhoramento do comportamento de solos apresenta interesse, do ponto de vista ambiental e técnico, particularmente em países com menores recursos. Uma grande variedade dos plásticos utilizados em embalagens é descartável ou de curta duração, mas demora muito tempo para se decompor em aterro. Apesar de os plásticos serem recicláveis observa-se que as taxas de recuperação e reciclagem em 2013 para a Europa (EU-28) eram de 79,2% e 65,3%, respetivamente, existindo uma grande quantidade de resíduos plásticos que não é reciclada [Eurostat, 2016]. A utilização destes resíduos no reforço de solos em aterros pode constituir uma alternativa para a sua valorização. Alguns estudos indicam a possibilidade de se obterem incrementos significativos na resistência do solo com adição de resíduos de plástico (Choudhary *et al.*, 2010 e Nagle *et al.* 2014). Os resíduos plásticos utilizados são em geral obtidos de embalagens em HDPE ou PET (Rawat e Kumar, 2016; Paramkusam *et al.*, 2013), cortadas em pequenas tiras ou trituradas. As partículas podem ter forma regular ou irregular e apresentam em geral dimensões entre 4 mm e 20 mm de lado (Paramkusam *et al.*, 2013; Choudhary *et al.*, 2010). A espessura é bastante variável, contudo, este tipo de partículas apresenta alguma rigidez. A incorporação de resíduos é em geral inferior a 2% embora alguns estudos tenham utilizado percentagens até 4% (Paramkusam *et al.*, 2013, Choudhary *et al.*, 2010; Rawat e Kumar, 2016).

A adição deste tipo de partículas permite obter incrementos da resistência CBR. Alguns autores indicam que este aumento de resistência ocorre até uma percentagem ótima de incorporação diminuindo a resistência para maiores percentagens de resíduo situando-se o valor ótimo de incorporação, em geral, entre 0,5% e 1,5% (Singh *et al.* 2017; Paramkusam *et al.*, 2013). Alguns autores referem que o teor ótimo em água se mantém em geral inalterado, e a baridade seca máxima aumenta com o incremento de resíduo plástico até um valor máximo diminuindo após esse valor (Singh *et al.* 2017; Paramkusam *et al.*, 2013; Kalliyath *et al.*

2016), outros autores indicam resultados em que a baridade seca máxima decresce com o aumento da percentagem de resíduo incorporado (Damion *et al.* 2016).

TRABALHO EXPERIMENTAL

Caracterização do solo

Selecionou-se um solo que, empiricamente, não apresentaria capacidade resistente muito significativa e realizou-se a caracterização em laboratório das principais propriedades do mesmo com vista à sua utilização em aterros rodoviários. Visualmente apresentava-se como um solo com finos, cor castanho avermelhado e com características silto-argilosas. A curva granulométrica do solo apresenta-se na Figura 1.

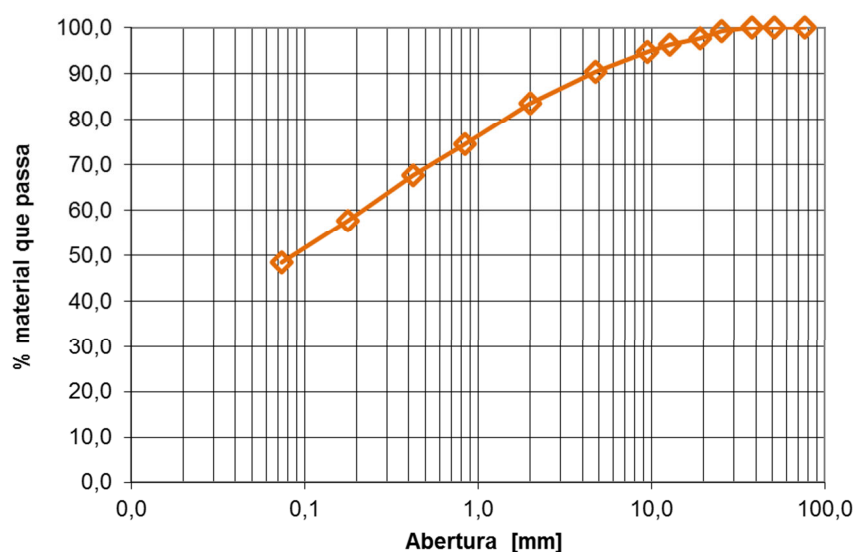


Fig. 1 - Granulometria do solo.

Para a caracterização determinaram-se as seguintes propriedades: plasticidade, nomeadamente os limites de plasticidade e liquidez, equivalente de areia, percentagem de matéria orgânica e azul de metileno, cujos resultados se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da caracterização do solo.

Propriedade	Limite de Plasticidade [%]	Limite de Liquidez [%]	Equivalente de Areia [%]	Matéria Orgânica [%]	Azul de metileno MB [g/100g]
Norma	NP 143	CEN ISO/TS 17892-12	LNEC E 199	NLT-117	NP EN 933-9
Valor	20,6	31,5	14,4%	2,48%	0,78

As propriedades corresponderam ao esperado, apresentando o solo uma quantidade de finos apreciável, próxima dos 50%, e uma plasticidade média, com um Índice de Plasticidade (IP) de 10,9%. Observou-se uma quantidade de matéria orgânica elevada, 2,48%, o que pode ser devido à amostra ter sido recolhida próximo da superfície. Estes resultados permitiram realizar a classificação do solo que se apresenta na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do solo.

Classificação	Unificada ASTM D 2487	Fins Rodoviários AASHTO LNEC E 240
Solo	SC - Areia Argilosa	A-4 (2)

Foi também realizado o ensaio de compactação *Proctor* em molde grande com compactação pesada, LNEC E 197 (LNEC, 1966), o qual permitiu obter o teor em água ótimo, 12,8% e a baridade seca máxima, 1,92 g/cm³, Figura 1.

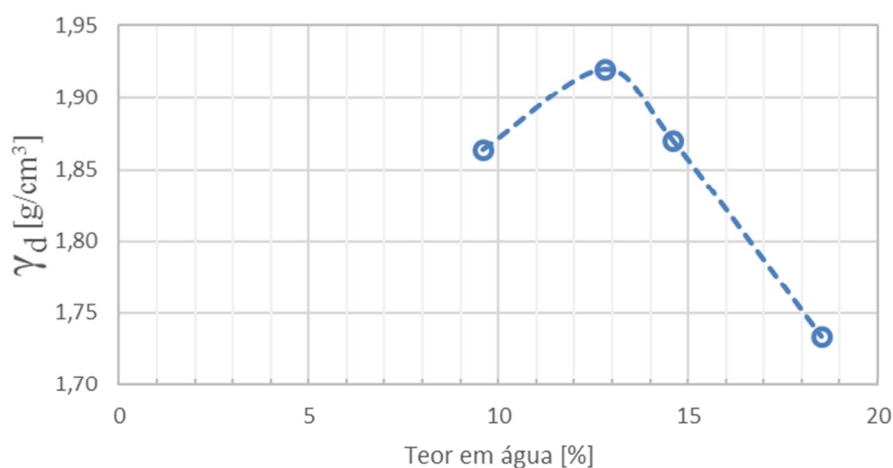


Fig. 1 -. Curva de compactação do solo.

Resíduo plástico

O resíduo de plástico utilizado foi obtido a partir de etiquetas em PE (Polietileno) e PP (Polipropileno). As etiquetas foram trituradas apresentando as partículas espessura muito reduzida, comportamento flexível, uma área genericamente entre 1,0 cm² e 2,0 cm² e forma irregular, Figura 3.

Caracterização do solo estabilizado

A caracterização da resistência do solo foi realizada utilizando o ensaio CBR de acordo com a especificação LNEC E 198 (LNEC, 1967). Para realizar os provetes o solo foi misturado com água de modo a obter o teor em água ótimo de 12,8% (Figura 4). Considerou-se que a adição de resíduo plástico não altera significativamente o teor ótimo em água, já que este efeito é observado por diversos autores (Paramkusam *et al.*, 2013). Após esse procedimento o resíduo plástico foi misturado com o solo. A quantidade de resíduo incorporado foi de 1%, 2% e 3%, massa de resíduo relativamente à massa de solo seco. Na figura 5 apresenta-se o aspeto dos provetes CBR, para as diferentes percentagens de resíduo, após realização do ensaio.



Fig. 3 - Partículas do resíduo plástico utilizado.



Fig. 4 - Mistura do solo com o resíduo plástico.

Observou-se uma diminuição do valor da baridade seca com o incremento da percentagem em resíduo para todas as percentagens de resíduo utilizadas, Figura 6. Esta diminuição mostrou um andamento uniforme, obtendo-se 93% de compactação relativa, tomando como referência o solo original, para a percentagem mais elevada de resíduo plástico, 3%. Esta diminuição da baridade seca é esperada pois as partículas de resíduo plástico adicionas apresentam massa volúmica significativamente inferior à apresentada pelas partículas que constituem o solo.



Fig. 5 - Aspecto dos provetes CBR com 0%(em cima à esquerda), 1% (em cima à direita), 2% (em baixo à esquerda) e 3% (em baixo à direita).

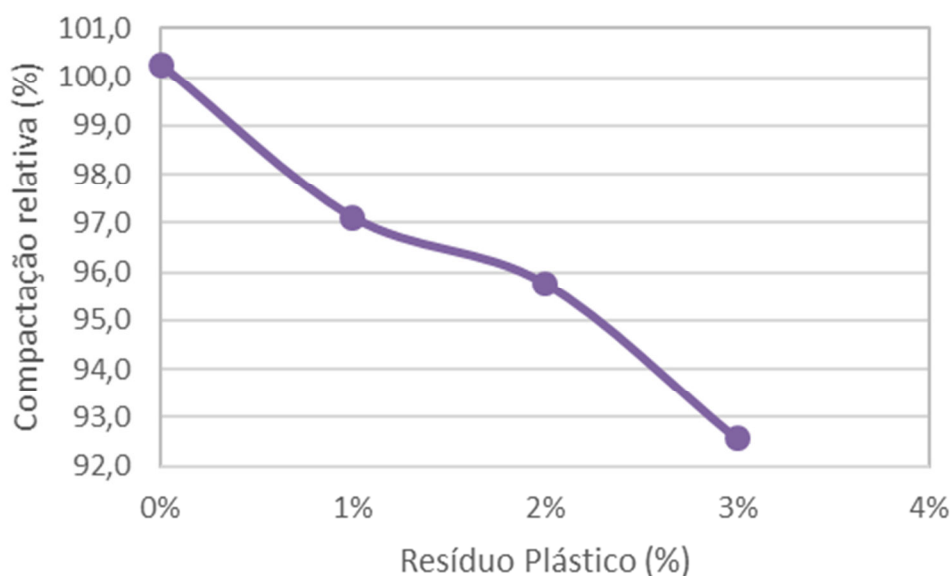


Fig. 6 - Evolução da compactação relativa com a percentagem em resíduo.

As curvas força-penetração obtidas no ensaio CBR apresentam-se na Figura 7. Pode observar-se que a incorporação de resíduo plástico permitiu obter um incremento da resistência para as séries com 1% e 2%. Os provetes com 1% de resíduo plástico mostraram valores mais elevados de resistência para todo o intervalo de penetrações. Observa-se que para 3% o solo apresentou resistência inferior, quando comparado com o solo original, até 8 mm de penetração. Contudo, para valores da penetração superiores a 8 mm todas as séries com resíduo apresentaram resistências superiores à do solo original.

Os valores de CBR mais elevados foram obtidos para 1% de resíduo plástico, considerando os valores determinados para 2,5 e 5,0 mm de penetração, observando-se uma diminuição dos valores de CBR para percentagens superiores de resíduo. Assim, foi

possível incrementar o valor de CBR do solo original de 14% para 19% com incorporação de 1% de resíduo plástico, contudo para 3% de resíduo plástico o valor de CBR obtido foi de 12%. Os valores de CBR determinados para 5,0 mm de penetração foram superiores aos valores obtidos para 2,5 mm de penetração em todas as séries, Figura 8.

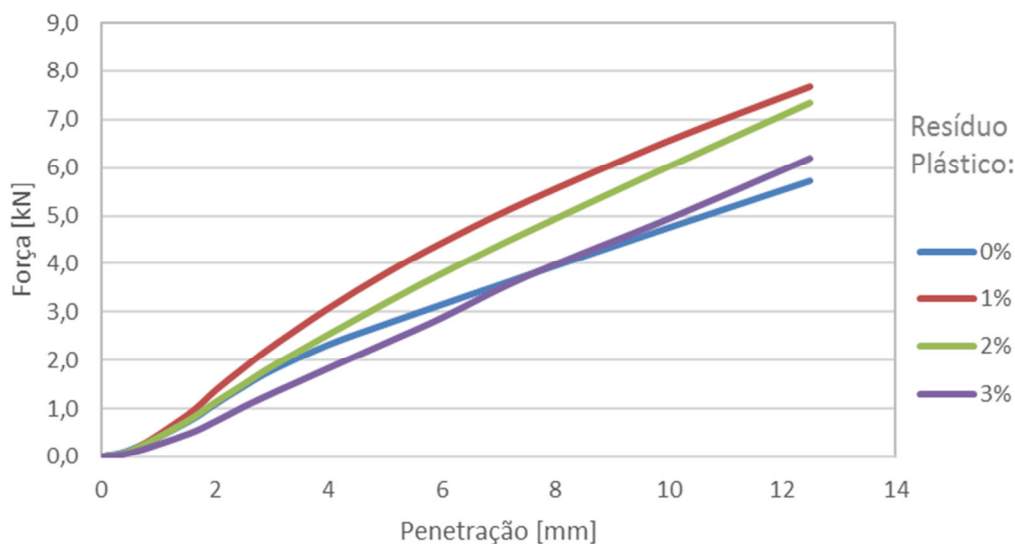


Fig. 7 - Curvas força-penetração obtidas no ensaio de CBR.

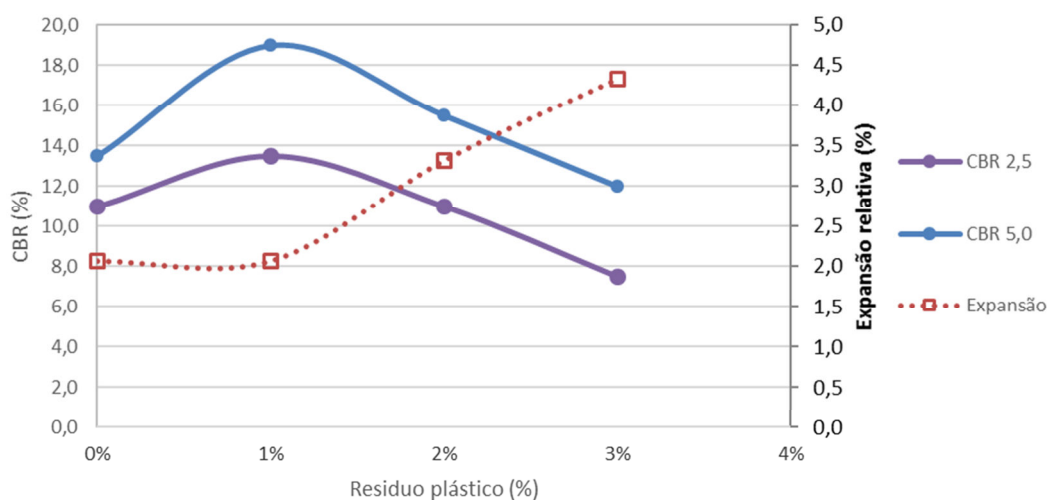


Fig. 8 - Evolução dos valores de CBR com a percentagem de resíduo plástico.

A expansão relativa aumentou com o incremento da percentagem em resíduo plástico, passando de 2,1% para 4,3% quando o conteúdo de resíduo plástico aumentou de 1% para 3%, e assume valores que podem ser restritivos para a sua utilização. O incremento da expansão relativa não oferece, contudo, nenhuma explicação simples.

CONCLUSÕES

Neste trabalho estabilizou-se um solo com classificação SC - Areia Argilosa e A-4(2). Para a estabilização utilizou-se um resíduo plástico proveniente de etiquetas formado por partículas irregulares com espessura muito reduzida, e por isso flexíveis. A caracterização do solo com resíduo plástico forneceu os seguintes resultados:

- A resistência do solo estabilizado foi incrementada para 1% de resíduo plástico apresentando resistência decrescente com o incremento de resíduo plástico após esse valor. Os valores de CBR para 1% de resíduo plástico foram incrementados de 14% para 19% (para penetração de 5 mm).
- Os valores da baridade seca diminuíram com o aumento do conteúdo em resíduo plástico. Esta diminuição foi progressiva e muito uniforme para todas as séries.
- Observou-se um aumento da expansibilidade para incorporações de resíduo plástico superiores a 1%. Este aumento foi significativo, passando de 2,1% para 4,3% quando o conteúdo de resíduo plástico aumentou de 1% para 3%.

A utilização de resíduos plásticos para reforço de solos apresenta-se como uma forma de promover a sua valorização. É uma forma de estabilização de baixo custo permitindo obter ganhos significativos na resistência dos solos. Os resultados permitiram verificar o aumento dos valores CBR, observando-se uma redução da baridade seca máxima e aumento da expansão relativa no ensaio CBR.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Ecoiberia - Reciclados Ibéricos, S.A. a disponibilização do resíduo plástico.

REFERÊNCIAS

- [1]-Choudhary, A.K., Jha, J.N., Gill, K.S., A Study on CBR Behavior of Waste Plastic Strip Reinforced Soil, Emirates Journal of Engineering Research, 15 pp 51-57, 2010.
- [2]-Damion, T., Ashique, M., Varkey, P., Keerthi, P., George, S., Use of Plastic Bottle Strips as an Admixture in the Soil Sub-grade for Road Construction, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 03 Issue: 04, 2016.
- [3]-Eurostat, Packaging waste statistics, European Commission, acedido em novembro 2016: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics#Recycling_and_recovery_targets
- [4]-Kalliyath, J., Joy, J., Paul, J., Vadakkal, A., Soil Stabilization Using Plastic Fibers, International Journal of Science Technology & Engineering, Volume 2 Issue 12, 2016.
- [5]-LNEC, Determinação do CBR. E 198, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1967.

[6]-LNEC, Ensaio de Compactação. E 197, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1966.

[7]-Nagle, R., Jain, R., Shinghi, A., Comparative Study of CBR of Soil, Reinforced with Natural Waste Plastic Material, International Journal of Engineering & Science Research, Vol-4, Issue 6 (2014) 304-308.

[8]-Paramkusam, B., Prasad, A., Arya, C., A Study on CbR Behavior of Waste Plastic (PET) on Stabilized Red Mud and Fly Ash, Int. J. Struct. & Civil Engg. Res., 2013.

[9]-Rawat, P., Kumar, A., Study of CBR Behaviour of Soil Reinforced With HDPE Strips. Indian Geotechnical Conference IGC2016, IIT Madras, Chennai, India 15-17 December 2016.

[10]-Singh, J., Sonthwal, V., Rattan, J. Review on Improvement of Engineering Properties of soil Using Waste Plastic Bottles Strips (Polyethylene Terephthalate), International Journal on Emerging Technologies, 8(1):01-04, 2017.