



Copyright 2011, Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação no XVI CILA – Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto, realizada no período de 20 a 25 de novembro de 2011, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais do XVI CILA – Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto.

Resumo

Os pavimentos rodoviários, em Portugal, nomeadamente as suas camadas não ligadas, incluindo a fundação, continuam a ser construídos quase exclusivamente com agregados naturais, geralmente britados. Deste modo, boa parte da exploração de agregados que ocorre a nível nacional, com as consequências económicas e impactes ambientais que daí advêm, é para utilização neste tipo de estruturas.

Um pouco por todo o País, no entanto, existem indústrias extractivas de rocha, de diferentes litologias, com produção elevada de escombrelas, as quais levantam sérios problemas ambientais nas zonas respectivas e cujos materiais poderiam, eventualmente, ser utilizados nas camadas não ligadas bem como na fundação, de pavimentos rodoviários.

Um exemplo deste problema ocorre no denominado núcleo de pedreiras do Poio, Vila Nova de Foz Côa, interior centro de Portugal, em pleno Parque Arqueológico do Vale do Côa, onde os materiais xistosos, ardosíferos, são, desde meados do século XIX, explorados para esteios e, mais recentemente, para aplicação diversa na construção civil e a cuja extracção está associada a produção de grande quantidade de escombrelas.

Nesta comunicação apresentam-se os resultados da caracterização geotécnica daqueles materiais xistosos bem como as principais conclusões que se podem retirar dos mesmos no que respeita à sua aplicação na fundação de pavimentos rodoviários, à luz das especificações utilizadas em Portugal.

Abstract

In Portugal, the road pavements, namely its unbound layers but also the foundation, continue to be built almost exclusively with natural aggregates, usually crushed. Thus, much of the crushed aggregates production that occurs in the country is for use in such structures, with all the economic and environmental impacts resulting.

All over the country, however there are rock exploration of different lithology with high production of heaps, which raises serious environmental problems in their respective areas and whose material could eventually be used in unbound layers and foundation of road pavements.

An example of this problem occurs in the called the core of the Poio quarries, Vila Nova de Foz Côa, interior centre of Portugal, right in the Archaeological Park Coa Valley, where the shale material is exploited from the mid-nineteenth century for stakes and, more recently, for different applications in construction, but which has associated the production of a large amounts of waste heaps.

This communication presents the results of the geotechnical characterization of these materials, obtained until now, as well as the main conclusions that can be obtain from them, when the materials are used in foundation of road pavements, using Portuguese specifications.

¹ Engenheira Civil – CONSTROPE, CONSTRUÇÕES S. A., Directora de Obra

² PhD, Engenheira Geóloga – EST, INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO, PORTUGAL, Professor Adjunto

1. Introdução

O "Complexo Xisto-Grauváquico", conjunto litológico de origem metamórfica, usualmente de baixo grau de metamorfismo, aflora em Portugal e Espanha numa faixa de grande desenvolvimento, com orientação aproximada NW - SE, e que a sul coincide, aproximadamente, com a falha Porto - Coimbra- Badajoz - Córdoba. Em Portugal aflora ao longo da Zona Cento Ibérica, desde o Vale do Douro até à Beira Baixa, na zona de Castelo Branco, representando uma importante fatia da litologia portuguesa.

No denominado núcleo de pedreiras do Poio, Vila Nova de Foz Côa, interior centro de Portugal, desde meados do século XIX que este tipo de materiais são explorados para esteios e, mais recentemente, para diferentes aplicações na construção civil. No entanto, dada a natureza dos materiais à sua extracção está associada a produção de grande quantidade de escombrelas, levantando grandes problemas ambientais na região.

Nesta comunicação avalia-se o comportamento geotécnico daqueles materiais, após britagem, com vista à sua utilização na fundação de pavimentos rodoviários, à luz de especificações portuguesas, nomeadamente do Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009).

Procedeu-se à caracterização do material em laboratório com vista, essencialmente, à avaliação das suas características de durabilidade, dureza, plasticidade e limpeza. O objectivo é, no âmbito de uma dissertação de mestrado, contribuir para o aproveitamento deste tipo de material e sucessivamente para a redução deste tipo de impactes ambientais na envolvente à exploração das pedreiras.

2. Enquadramento Geológico

Portugal é, do ponto de vista geotectónico, usualmente dividido em quatro unidades Maciço Hespérico, Orla Ocidental, Orla Meridional ou Algarvia e Bacias do Baixo - Tejo e Sado. O Maciço Hespérico, que forma o núcleo rígido da Península Ibérica, e é constituído por terrenos Pré-Câmbricos e Paleozóicos (Complexo Xisto-grauváquico), frequentemente recobertos por depósitos modernos e ainda por diversas intrusões de rochas eruptivas, encontra-se, em Portugal, dividido em três zonas geotectónicas, de norte para sul, Zona Centro-Ibérica, Zona de Ossa-Morena e Zona Sul Portuguesa.

A zona de Vila Nova de Foz Côa, interior centro de Portugal, e as pedreiras do Poio por consequência, encontram-se na Zona Centro-Ibérica e, do ponto de vista geológico, encontra-se nos referidos terrenos Pré-Câmbricos e Paleozóicos, ou seja, no denominado Complexo Xisto-grauváquico, mais concretamente no grupo do Douro.

O Complexo Xisto-Grauváquico, representando uma importante fatia da litologia portuguesa, tem sido ao longo do tempo alvo de frequentes estudos, encontrando-se, do ponto de vista geológico, relativamente bem estudado. Na sequência de alguns desses estudos, as sequências litoestratigráficas deste complexo são geralmente divididas em dois grupos, a saber o Grupo do Douro e o Grupo das Beiras.

O Grupo do Douro corresponde às unidades pré-Ordovícicas que afloram no vale do Douro (Alto Douro) e zona norte da Beira Alta, enquanto o Grupo das Beiras corresponde aos afloramentos mais a sul, Beira Litoral e Beira Baixa, até ao limite entre a Zona Cento-Ibérica e a Zona de Ossa Morena. Esta divisão, proposta por Sousa em 1982 (Sousa, 1982, ref. por Luzia, R.C., 1998), tem por base vários factores, entre eles a possível idade diferenciada para os dois grupos, sendo admitida para o Grupo do Douro uma idade Câmbrica e para o Grupo das Beiras uma idade Pré - Câmbrica Superior, sendo que o limite entre o Câmbrico e o Pré - Câmbrico se situa nos 570 Milhões de Anos.

Sousa em 1983 (Sousa, 1983, ref. por Luzia, R.C., 1998), subdivide o Grupo do Douro, na região de Pinhão - S. João da Pesqueira - Tabuaço - Paredes da Beira, em seis formações litoestratigráficas com uma espessura total de, aproximadamente, 2000 metros e que são, da base para o topo, Formação de Bateiras, Formação de Ervedosa do Douro, Formação de Rio Pinhão, Formação de Pinhão, Formação de Desejosa e Formação de S. Domingos.

As pedreiras do Poio encontram-se na zona onde aflora a Formação de Desejosa, a qual é constituída, fundamentalmente, por filitos listrados, ardosíferos, onde mais raramente se intercalam algumas bancadas de metagrauvaque, apresentando uma espessura aproximada de 250 m (Sousa, 1983, ref. por Luzia, R.C., 1998).

3. Materiais Utilizados

No trabalho desenvolvido foi utilizado material britado proveniente das escombrelas de uma das pedreiras do denominado núcleo de pedreiras do Poio, Vila Nova de Foz Côa, interior centro de Portugal, sendo que, nesta zona, como se referiu, aflora o Complexo Xisto-Grauváquico.

Assim, foi ensaiada uma amostra de material xistento, de cor castanho acinzentado como se pode verificar na Figura 1. Este material, identificado na zona como "oxidado", devido à sua cor, foi britado sob responsabilidade da empresa que explora a pedreira na qual se procedeu à recolha do mesmo.



Figura 1. Amostra de material utilizado

4. Caracterização Geotécnica

4.1 Considerações Iniciais

Sobre a amostra recolhida está a ser realizado um conjunto de ensaios de laboratório com vista à avaliação das suas características geotécnicas, os quais se apresentam nas secções que se seguem.

Os ensaios têm como finalidade a avaliação das características geotécnicas dos materiais em estudo, nomeadamente no que respeita a granulometria, compactação, plasticidade, quantidade e qualidade dos finos ou “actividade” da argila, limpeza, resistência ao enfraquecimento e desintegração quando submetido ao desgaste em meio húmido, degradabilidade e fragmentabilidade.

4.2. Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada sobre dois provetes, segundo a especificação LNEC E196 (LNEC, 1966) e segundo a norma NP EN 933-1 (IPQ, 2000). Os valores médios dos resultados apresentam-se nas tabelas 1 e 2 e nas figuras 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1. Análise granulométrica, especificação LNEC E196 (LNEC, 1966)

Peneiro	Abertura (mm)	% Acumulada de Passados
3"	76,20	100,0
2"	50,80	94,3
1"1/2	38,10	62,1
1"	25,40	42,5
3/4"	19,10	34,2
1/2"	12,70	28,5
3/8"	9,520	23,9
nº4	4,760	17,2
nº10	2,000	11,9
nº20	0,840	8,9
nº40	0,420	7,4
nº80	0,177	6,1
nº200	0,074	4,8

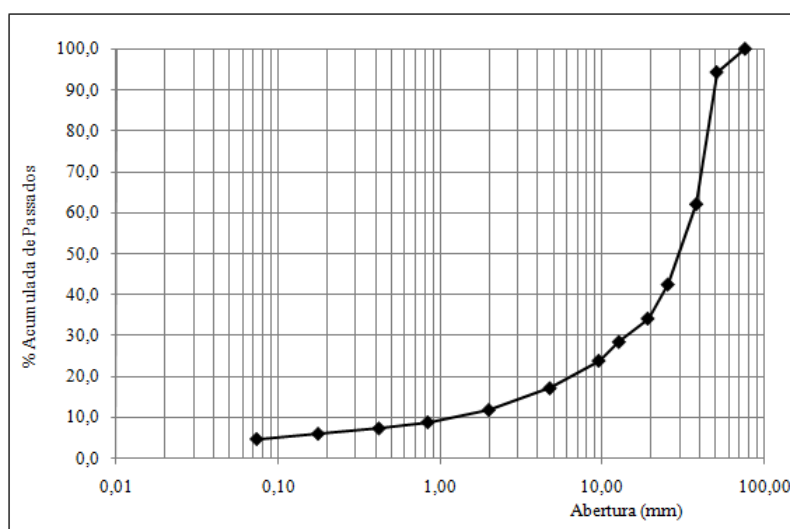


Figura 2. Curva granulométrica, especificação LNEC E196 (LNEC, 1966)

Tabela 2. Análise granulométrica, norma NP EN 933-1 (IPQ, 2000)

Abertura (mm)	% Acumulada de Passados
80,00	100,0
60,00	97,2
40,00	79,2
31,50	64,3
22,40	50,3
16,00	39,9
8,00	26,0
6,30	24,1
5,60	23,0
4,00	19,0
2,00	14,6
1,00	11,2
0,50	9,0
0,25	6,6
0,13	4,9
0,06	4,3

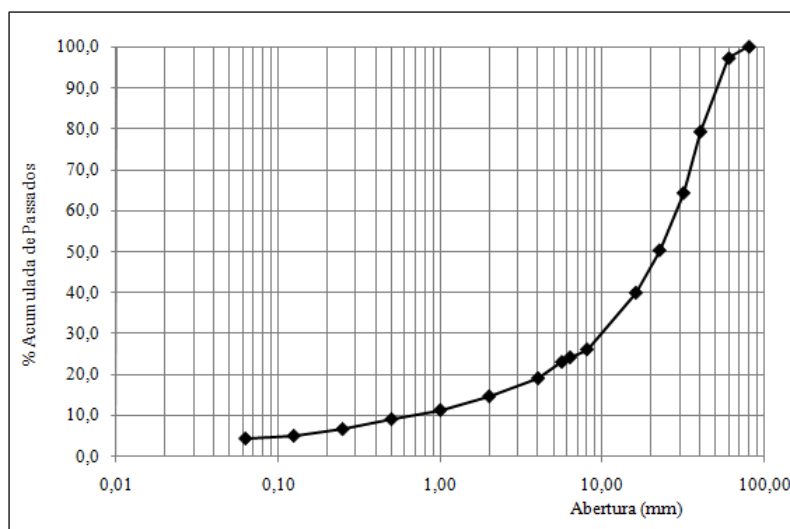


Figura 3. Curva granulométrica do material, norma NP EN 933-1 (IPQ, 2000)

4.3. Limites de Consistência

Em relação aos limites de consistência, limite de liquidez e limite de plasticidade, os mesmos foram efectuados em cumprimento com a norma NP 143 (IGPAI, 1969). Os resultados obtidos, incluindo o índice de plasticidade, são os que se apresentam na tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos limites de consistência e índice de plasticidade, norma NP 143 (IGPAI, 1969)

Parâmetro	Resultados (%)
Limite de liquidez	23
Limite de plasticidade	18
Índice de plasticidade	5

Com base nos resultados da análise granulométrica, obtida segundo a especificação LNEC E196 (LNEC, 1966) e dos limites de consistência (IGPAI, 1969) procedeu-se à classificação do material segundo a Classificação Unificada (ASTM, 2001) e segundo a classificação para fins rodoviários (LNEC, 1970), tendo-se verificado que o material se classifica como GW - Cascalho bem graduado e como A-1-a (0) segundo as duas classificações referidas, respectivamente.

4.4. Ensaio de Equivalente de Areia

Para o equivalente de areia, realizado segundo a especificação LNEC E199 (LNEC, 1967) sobre dois provetes, obteve-se um valor médio de 42 %.

4.5. Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno

O valor de adsorção de azul de metileno é um parâmetro que exprime globalmente a quantidade e qualidade ou “actividade” da argila presente num dado solo, permitindo, assim, avaliar a limpeza de um agregado.

O ensaio de adsorção de azul de metileno foi realizado segundo a norma NF P18-592 (AFNOR, 1990) e segundo a norma NP EN 933-9 (IPQ, 2002) sendo que a principal diferença entre as duas normas diz respeito à fracção granulométrica sobre a qual se realiza o ensaio e, por consequência, à dimensão do provete a ensaiar. Na norma NF P18-592 (AFNOR, 1990) o ensaio é realizado sobre cerca de 30 g de material da fracção 0/0,074 mm enquanto na norma NP EN 933-9 (IPQ, 2002) o ensaio se realiza sobre cerca de 200g da fracção 0/2 mm.

Segundo a norma NF P18-592 (AFNOR, 1990), para a fracção menor que 0,074 mm, obteve-se um valor de adsorção de azul de metileno de 0,40 g/100g. Quando realizado o ensaio segundo a norma NP EN 933-9 (IPQ, 2002), sobre a fracção 0/2 mm, o valor de adsorção de azul de metileno (MB) obtido foi de 2,25 g/kg.

4.6. Ensaio de Desgaste em Meio Húmido (*Slake-Durability Test*)

Na realização do Ensaio de Desgaste em Meio Húmido foi seguido o procedimento sugerido em 1981 pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (ISRM, 1981), bem como o procedimento sugerido por Monteiro (Monteiro e Delgado Rodrigues, 1994), que consiste em sujeitar o provete a sete ciclos de molhagem - secagem

determinando o índice de desgaste em meio húmido após o 7º ciclo, Id_7 (%). Os resultados obtidos segundo os dois procedimentos encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Resultados do ensaio de desgaste em meio húmido

Id_1 (méd)	Id_2 (méd)	Id_7 (méd)
	(%)	
99	98	96

4.7. Ensaio de Degradabilidade

O ensaio de degradabilidade foi efectuado, segundo a NF P 94-067 (AFNOR, 1992), sobre provetes das fracções granulométricas 10/20 e 40/80. O coeficiente de degradabilidade, que se obtém da relação entre o D_{10} antes do primeiro ciclo e o D_{10} após o quarto ciclo, encontrado para qualquer uma das granulometrias foi de 1 %.

Nas figuras 4 e 5 podem observar-se as curvas granulométricas do material antes do 1º ciclo e após o 4º ciclo, para as duas fracções granulométricas referidas.

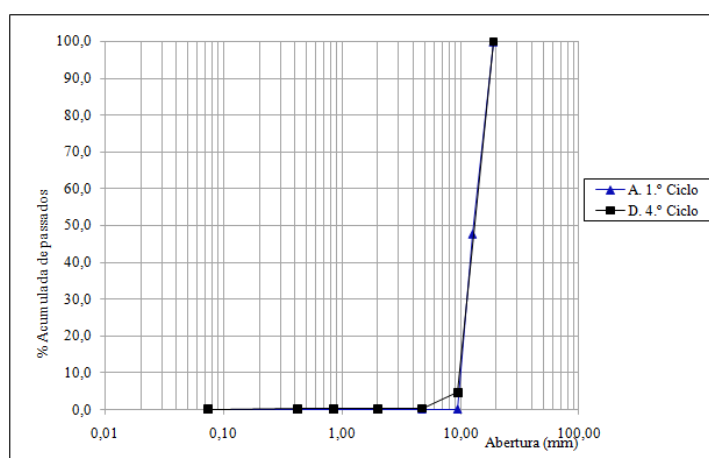


Figura 4. Curvas ensaio de degradabilidade fracção 10/20, norma NF P 94-067 (AFNOR, 1992)

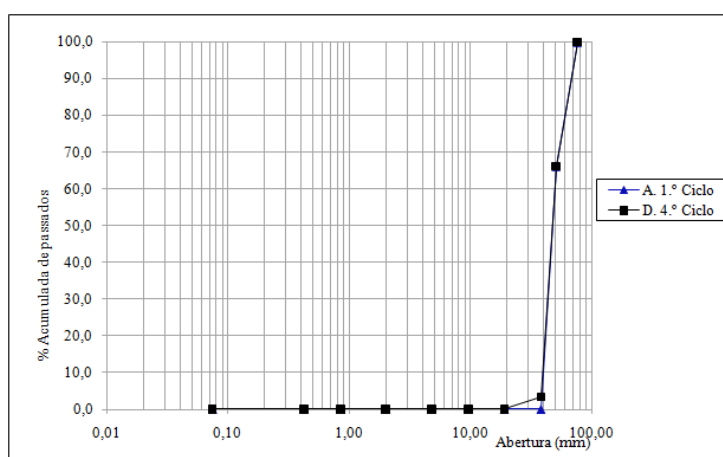


Figura 5. Curvas ensaio de degradabilidade fracção 40/80, norma NF P 94-067 (AFNOR, 1992)

4.8. Ensaio de Fragmentabilidade

O ensaio de fragmentabilidade foi efectuado segundo a NF P 94-066 (AFNOR, 1992), sobre provetes das fracções granulométricas 10/20 e 40/80. Cerca de 2kg de material com as características referidas são sujeitos a compactação em molde CBR com 100 pancadas do pilão pesado da compactação Proctor. O coeficiente de fragmentabilidade, que se obtém da relação entre o D_{10} antes da compactação e o D_{10} depois da compactação, encontrado para qualquer das granulometrias foi de 2 %.

Nas figuras 6 e 7, podem observar-se as curvas granulométricas do material antes da compactação e após a compactação, para as duas fracções granulométricas referidas.

5. Análise de Resultados

5.1. Considerações iniciais

A análise de resultados será efectuada de acordo com o Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009). Os resultados dos ensaios serão analisados com vista à sua utilização em aterro e leito do pavimento de pavimentos rodoviários.

5.2. Materiais para aterro

5.2.1. Solos

Para classificação de solo para aterro, o material retido no peneiro ASTM de 19 mm (3/4”) tem que ser inferior ou igual a 30 % (EP, 2009), o que não se verifica, como se pode observar na curva granulométrica (tabela 1 e figura 2).

Efectuou-se a classificação unificada de solos, segundo a especificação ASTM D 2487 (ASTM, 2001) e constatou-se que o material em estudo é um GW – Cascalho bem graduado. Este resultado possibilita a sua utilização em todas as partes do aterro, parte superior, parte inferior e corpo, mas a sua aceitação total, tem que ser combinada com um valor CBR superior ou igual a 40 %, valor este que ainda não se conhece.

Segundo a classificação para fins rodoviários (LNEC, 1970), o material é A-1-a (0), logo poder-se-ia aplicar na parte superior dos aterros.

5.2.2. Materiais rochosos (enrocamentos)

Para a utilização deste material em enrocamentos os resultados têm que estar em conformidade com os três parágrafos seguintes.

Sendo o material em estudo de origem metamórfica pode ter-se, no que respeita à resistência e fragmentabilidade, uma das seguintes situações (EP, 2009): rocha dura, se apresentar uma percentagem de desgaste na máquina de *Los Angeles* inferior a 45 %, rocha de dureza média, se a percentagem de desgaste na máquina de *Los Angeles* for superior a 45 % e o coeficiente de fragmentabilidade for inferior a 7 % ou rocha fragmentável ou alterável se o coeficiente de fragmentabilidade for superior a 7 %. O coeficiente de fragmentabilidade obtido é de 2 %, no entanto, não se conhece ainda a percentagem de desgaste na máquina de *Los Angeles*, pelo que o material poderá vir a ser classificado, segundo estes parâmetros, como rocha dura ou rocha de dureza média.

No que respeita à granulometria, no Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009) refere-se uma percentagem máxima admissível de passados no peneiro ASTM de 25mm de 30 % e no peneiro ASTM de 0,074mm de 12 %. Os valores encontrados são de 42,6 % e 4,9 % de passados nos peneiros ASTM de 25 mm e ASTM de 0,074 mm, respectivamente.

O Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009) refere, ainda, que para aterros com alturas superiores a 20 metros se deve dar especial importância, entre outros, ao ensaio de desgaste em meio húmido (ISRM, 1981). Para o material em estudo obteve-se um Índice de Desgaste em Meio Húmido para o 2º ciclo, Id_2 (%), de 98 %, podendo, assim, classificar-se, segundo Gamble (Gamble, 1971), como material de durabilidade alta.

5.2.3. Materiais do tipo solo-enrocamento

Para este tipo de materiais e no que respeita à granulometria no Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009) refere-se que o material retido no peneiro ASTM de 19 mm terá que estar compreendido entre 30 % e 70 % e que a percentagem de passados no peneiro ASTM de 0,074mm terá que estar compreendida entre 12 % e 40 %. Analisando a tabela 1 e a figura 2 pode observar-se que a 1ª condição se verifica, pois ficam retidos no peneiro ASTM de 19 mm 65,8 %, enquanto que a percentagem de passados no peneiro ASTM de 0,074mm foi de 4,9 %.

O Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009) refere, ainda, que para aterros com alturas superiores a 15 metros se deve dar especial importância, entre outros, ao ensaio de desgaste em meio húmido (ISRM, 1981). Para o material em estudo obteve-se um Índice de Desgaste em Meio Húmido para o 2º ciclo, Id_2 (%), de 98 %, podendo, assim, classificar-se, segundo Gamble (Gamble, 1971), como material de durabilidade alta.

5.2.4. Materiais para aterro: conclusão

A partir da análise feita nesta secção pode concluir-se que, de acordo com os resultados da caracterização já realizada, o material não pode ser utilizado em aterro, o que se deve exclusivamente à sua granulometria.

5.3. Materiais para o leito do pavimento

5.3.1. Solos

Os materiais para camadas de leito do pavimento com solos, deverão, segundo o Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009), obedecer às características que constam na tabela 5. Nesta tabela apresentam-se, também, os resultados obtidos para os materiais em estudo.

Tabela 5. Comparação entre os valores requeridos pelo Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009) e os valores obtidos nos ensaios realizados

Parâmetros		Valores limite	Valores obtidos
Dimensão máxima	mm	75	75
% máxima de material que passa no peneiro n.º 200 ASTM	%	20	4,9
Limite de liquidez máximo	%	25	23
Índice de plasticidade máximo	%	6	5
Equivalente de areia mínimo	%	30	42
Valor de adsorção de azul de metileno máximo	g/100g	2,0	0,4

De acordo com os resultados da caracterização já realizada e pela análise da tabela 5, pode afirmar-se que o material em estudo pode ser utilizado, como solo, em leito do pavimento.

5.3.2. Materiais granulares britados

No que respeita à granulometria dos materiais granulares britados a utilizar em leito do pavimento, o Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009), define um fuso granulométrico que se apresenta na Figura 9. Na mesma figura apresenta-se a curva granulométrica obtida para os materiais em estudo recorrendo à norma NP EN 933-1 (IPQ, 2000). Analisando a figura 9 verifica-se que a curva granulométrica do material em estudo se encontra, toda ela, fora do fuso definido.

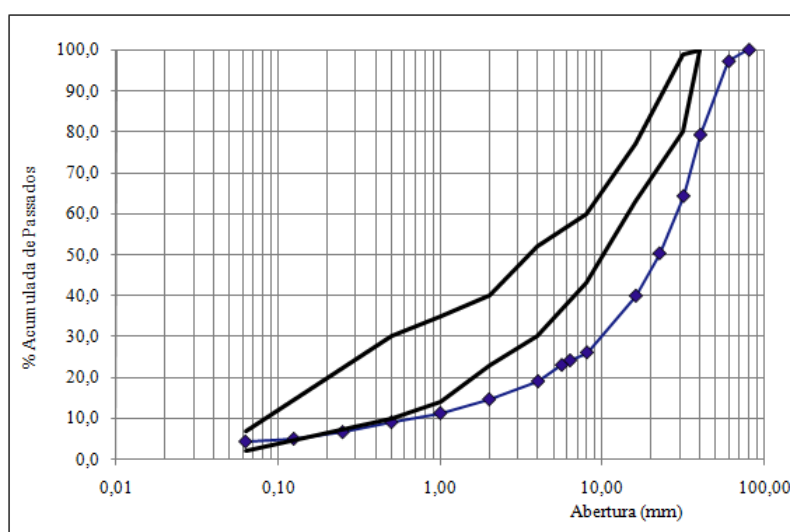


Figura 9. Curva granulométrica do material, norma NP EN 933-1 (IPQ, 2000), comparação com fuso granulométrico previsto Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal, (EP, 2009)

No que respeita à limpeza e argilosidade, como o material em estudo tem uma percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm superior a 3 % é necessário que os valores do equivalente de areia (LNEC, 1967) sejam superiores ou iguais a 35 % (EP, 2009). Caso tal não se verifique o valor de adsorção azul de metileno (MB) tem que ser igual ou inferior a 2,5 g/kg. O valor de equivalente de areia obtido é de 42 %, pelo que, não se torna necessário verificar a condição relativa a MB.

De acordo com os resultados da caracterização já realizada, pode afirmar-se que o material não pode ser utilizado como material granular britado em leito de pavimento, o que se deve à sua granulometria.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

Analisando os resultados dos ensaios realizados, sobre os materiais xistosos em estudo, pode concluir-se que os mesmos são não plásticos e, segundo o Guia Técnico para a Construção de Aterros e Leito do Pavimento

(LCPC/SETRA, 1992, ref. por Luzia, R.C., 2006) pode mesmo considerar-se que os finos são insensíveis à água, de acordo com os valores de adsorção de azul de metileno obtidos (AFNOR, 1990).

No que diz respeito ao desgaste em meio húmido, obteve-se um Índice de Desgaste em Meio Húmido para o 2º ciclo, Id_2 (%), de 98 %, podendo o material ser classificado, segundo Gamble (Gamble, 1971), como tendo durabilidade alta.

Analisando os resultados da caracterização até agora realizada, à luz Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009), com vista à sua aplicação em fundação de pavimentos rodoviários, verificou-se que o material não poderia ser utilizado em aterro devido, exclusivamente, à sua granulometria. No que respeita à aplicação em Leito do Pavimento verificou-se que poderia ser utilizado nesta camada quando considerado como solo, não o podendo, no entanto, quando analisado como material granular britado, o que se deve à sua granulometria.

Encontrando-se o trabalho ainda em desenvolvimento, com vista à conclusão da caracterização prevista Caderno de Encargos Tipo Obra da Estradas de Portugal (EP, 2009), continuam a analisar-se diferentes possibilidades por forma a tornar possível a aplicação destes materiais na fundação de pavimentos rodoviários, nomeadamente britagem mais adequada, correcção da curva granulométrica por mistura com outros materiais ou outra solução que, após conclusão da caracterização, se apresente como mais adequada.

7. Agradecimentos

Gostaria de agradecer-se à empresa SOLICEL - Sociedade do Centro Industrial de Esteios de Lousa, Lda. pela disponibilidade em colaborar no desenvolvimento deste trabalho, principalmente, pelas facilidades concedidas na recolha do material.

8. Referências

- AFNOR. Granulats. Essai au bleu de méthylène. Méthode à la tache. NF P 18-592, Association Française de Normalisation, 1990.
- AFNOR. Sols: Reconnaissance et Essais. Coefficient de Dégradabilité des matériaux Rocheux. NF P 94-067, Association Française de Normalisation, 1992.
- AFNOR. Sols: Reconnaissance et Essais. Coefficient de Fragmentabilité des matériaux Rocheux. NF P 94-066, Association Française de Normalisation, 1992.
- ASTM. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System. D 2487-00, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08, American Society for Testing and Materials, USA, 2001.
- EP. Caderno de Encargos Tipo Obra, Cap. 14.1. Estradas de Portugal, S. A., 2009.
- IGPAI. Determinação dos Limites de Consistência. NP-143, Inspeção Geral dos Produtos Agrícolas e Industriais, Lisboa, 1969.
- IPQ. Ensaios das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração. NP EN 933-1, Instituto Português da Qualidade, Lisboa, 2000.
- IPQ. Ensaios das propriedades geométricas dos agregados. Parte 9: Determinação do Teor de Finos. Ensaio do Azul de Metileno. NP EN 933-9, Instituto Português da Qualidade, Lisboa, 2002.
- LNEC. Análise Granulométrica. E 196, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1966.
- LNEC. Classificação para Fins Rodoviários. E 240, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1970.
- LNEC. Ensaio de Compactação. E 197, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1966.
- LNEC. Ensaio de Equivalente de Areia. E 199 Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1967.
- LUZIA, R.C.. Estudo do Comportamento de Materiais Britados não Ligados em Pavimentos Rodoviários. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 2006.
- LUZIA, R.C.. Fundação de Pavimentos Rodoviários. Estudo da Utilização de Materiais Xisto-Grauváquicos. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 1998.
- MONTEIRO, B. e DELGADO RODRIGUES, J. Método sugerido para a determinação do ensaio de desgaste em meio húmido (*Slake - Durability Test*). Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1994.