

O CONTROLO DE COMPACTAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS PELO ENSAIO WINDSOR

THE CONTROL OF THE COMPACTNESS OF BITUMINOUS MIXTTURES BY THE WINDSOR TEST

Paula Alexandra G. Faria
Eng^a Geóloga da Tecnovia

SUMÁRIO

O controlo de compactação de camadas de pavimento constituídas por misturas betuminosas é tradicionalmente realizado pela determinação da baridade de carotes extraídas dessas camadas.

Neste trabalho, apresenta-se um estudo comparativo entre os resultados conseguidos pela utilização deste método tradicional, e os obtidos pela utilização de um ensaio expedito que é o ensaio Windsor.

Este estudo realizou-se com diferentes tipos de misturas betuminosas.

SUMMARY

The control of the compactness of the layers of the pavement constituted by bituminous mixtures is traditionly obtained by the determination of the dry density of the extracted sampels of these layers.

In this work, is presented a comparative study between the results obtained by the use of the traditional method and those obtained by the use of a quick test, which is the Windsor test.

This study was done with different types of bituminous mixtures.

1 - INTRODUÇÃO

A Geologia de Engenharia tem sempre um importante papel a desempenhar em todas as obras de engenharia que se constroem e projectam em beneficio e para o desenvolvimento da sociedade.

O seu papel é especialmente importante na realização do controlo de qualidade dessas mesmas obras.

Nas obras rodoviárias e aérodromos, um dos aspectos mais importantes é a qualidade do pavimento executado.

Em pavimentos constituídos por misturas betuminosas, para além da qualidade da composição da mistura em sí, é particularmente importante o grau de compactação atingido.

Assim, com este artigo pretende-se partilhar uma pesquisa realizada pela autora (para a sua dissertação para a obtenção do grau de Mestre), em que se estudou a possibilidade de utilização do ensaio Windsor para a avaliação do grau de compactação de camadas betuminosas.

Para esse efeito, realizou-se a extracção de carotes para a determinação da baridade, das diversas camadas betuminosas estudadas, e paralelamente foram também realizados ensaios Windsor, junto às zonas de extracção, por forma a que posteriormente, fosse possível a comparação dos resultados obtidos.

Deste modo, a cada valor de baridade determinado (por ensaio de carote), corresponde um valor de penetração Windsor (que representa sempre a média de três ensaios).

Este ensaio realiza-se com uma pistola, a pistola Windsor, que promove a cravação de um pino de aço, pela detonação de um cartucho de pólvora seca (de algumas gramas), e consiste na medição da profundidade atingida pela penetração do pino. A pistola utilizada nesta pesquisa é uma Walsywa de calibre 38, e os cartuchos de pólvora são produzidos pela Companhia Brasileira de Cartuchos.

A variação dos resultados destes ensaios, depende apenas do tipo de mistura betuminosa ensaiada e do seu grau de compactação, uma vez que as características dos pinos de aço, bem como das cargas utilizadas para os disparos são constantes.

Para a realização desta pesquisa, executaram-se ensaios em várias obras, tais como:

- A2, troço entre Palmela e Marateca;
- IC19, troço entre Rio de Mouro e Mem Martins;
- IC16, troço entre Ranholas e Lourel;
- IC1, troço entre Miramar e Maceda;
- Via intermunicipal (próximo de Guimarães);
- C.R.I.L., troço entre Algés e a Buraca;
- Estrada de acesso ao Aeródromo Municipal de Cascais.

Sendo a frequência de carotagem que normalmente se executa em camadas betuminosas, em média, de uma carote de duzentos em duzentos metros; e tendo-se executado neste trabalho duzentos e dez ensaios (valores médios de penetração Windsor), junto à zona de extracção de igual número de carotes, ensaiou-se o equivalente ao controlo de uma camada betuminosa com quarenta e dois quilómetros de extensão.

Estudou-se então, a relação existente entre a baridade dos carotes extraídos, e a penetração do pino conseguida pela realização do ensaio Windsor.

2 - ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

Realizaram-se ensaios em misturas betuminosas fabricadas com inertes de diversas naturezas. Assim, estudaram-se misturas betuminosas com inertes de calcário, inertes de granito, inertes de basalto e inertes de gnaiss.

Os resultados dos ensaios realizados representam-se gráficamente nas figuras 2.1 a 2.4, e as equações determinadas com base nestes apresentam-se abaixo dos respectivos gráficos, sendo:

p - valor da penetração do pino (em cm)

γ - baridade da mistura ensaiada (KN/m^3)

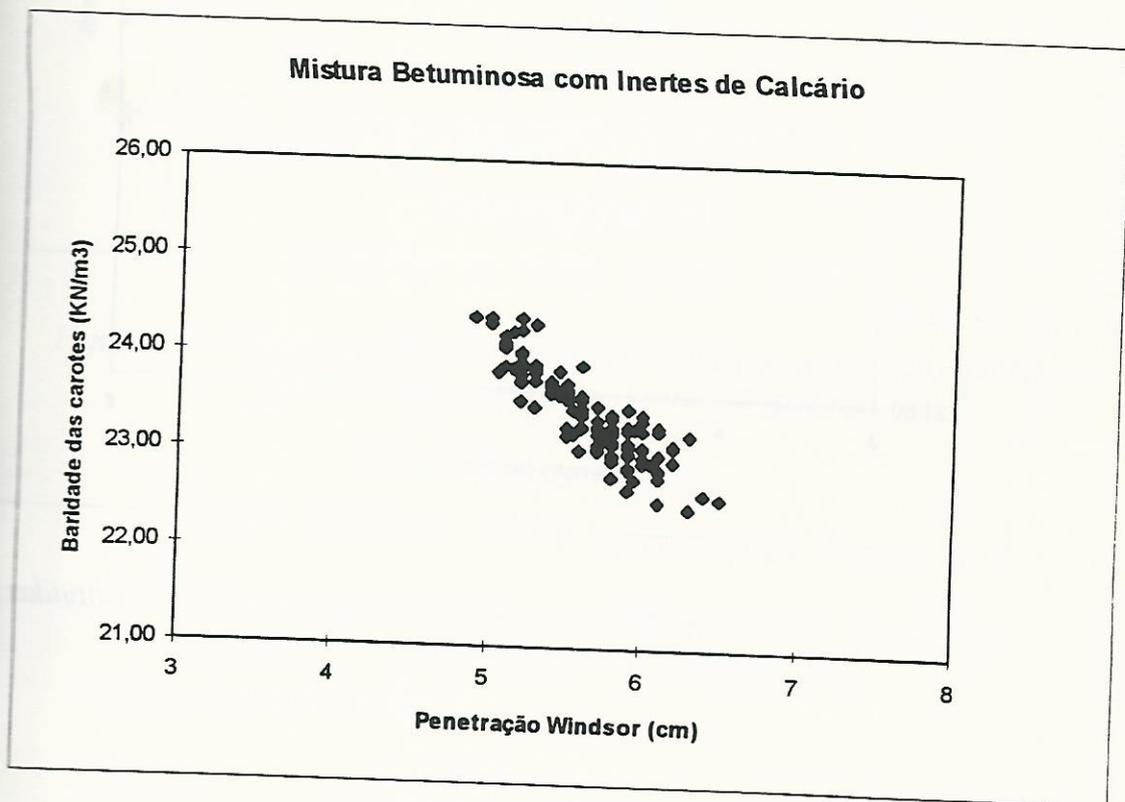


Figura 2.1 - Penetração Windsor, versus baridade em carotes constituídas por misturas betuminosas com inertes de calcário.

A relação obtida foi a seguinte:

$$\gamma = -1.130p + 29.792 \quad (\text{KN/m}^3) \quad (2.1)$$

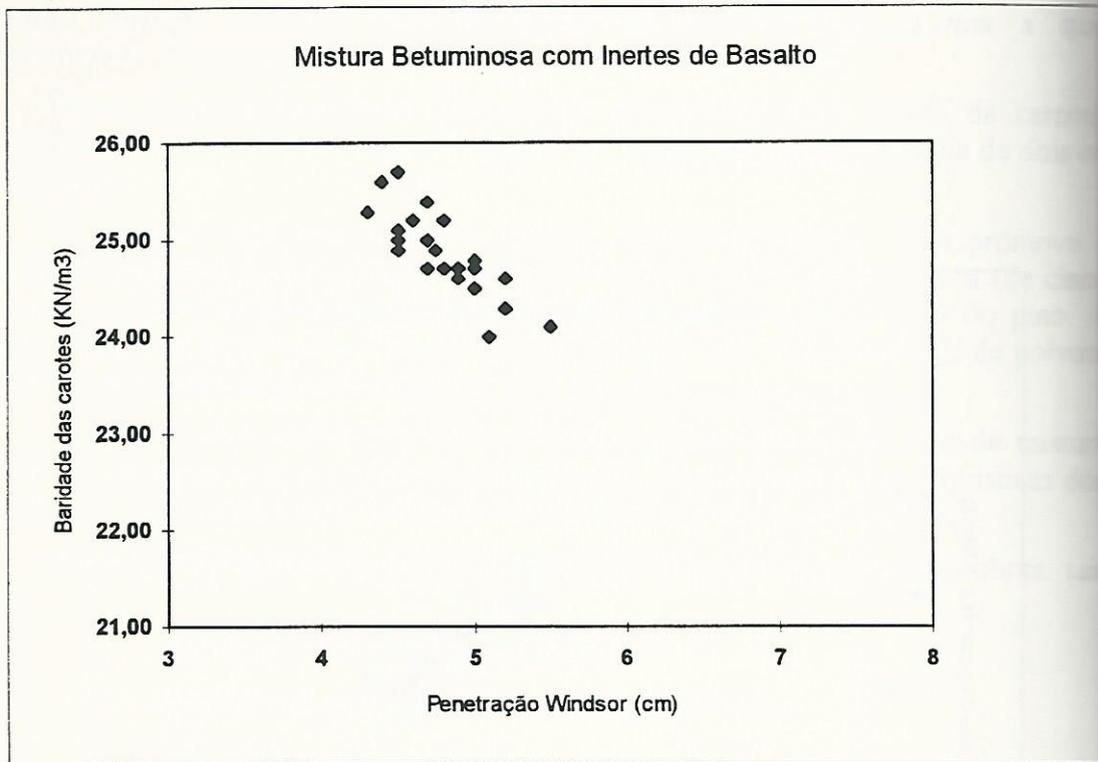


Figura 2.2 - Penetração Windsor, versus baridade em carotes constituídas por misturas betuminosas com inertes de basalto.

A relação obtida foi a seguinte:

$$\gamma = -1.184p + 30.523 \quad (\text{KN/m}^3) \quad (2.2)$$

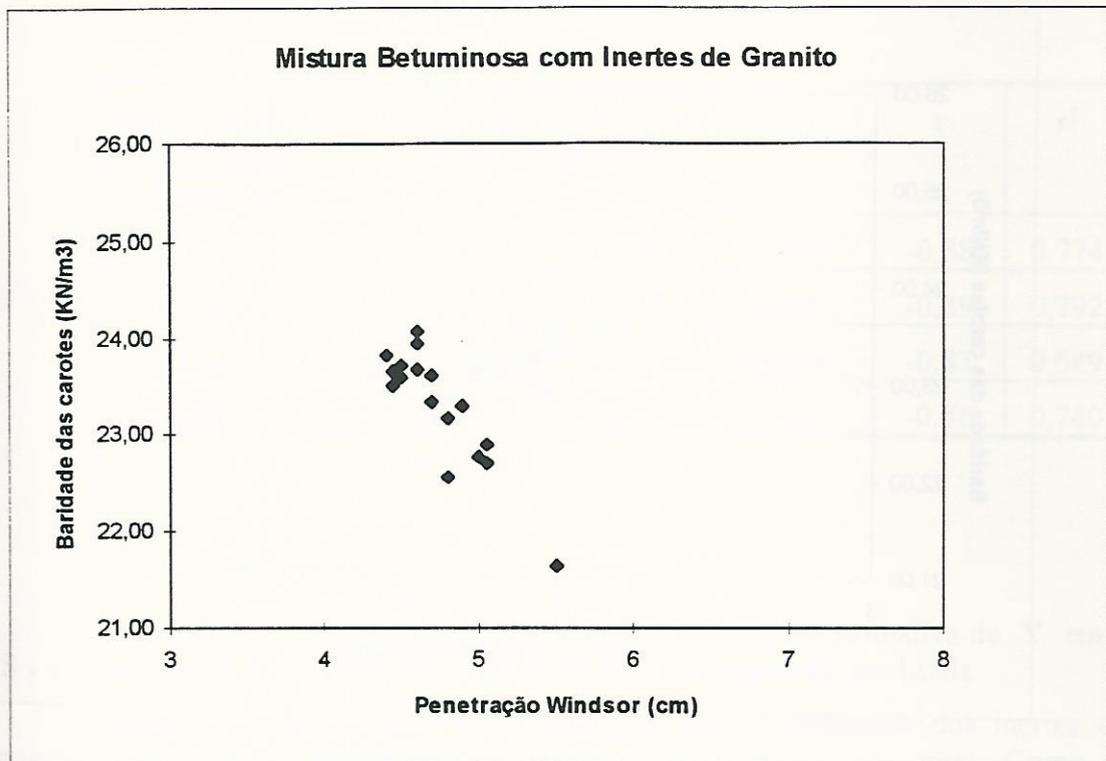


Figura 2.3 - Penetração Windsor, versus baridade em carotes constituídas por misturas betuminosas com inertes de granito.

A relação obtida foi a seguinte:

$$\gamma = -1.901p + 32.311 \quad (\text{KN/m}^3) \quad (2.3)$$

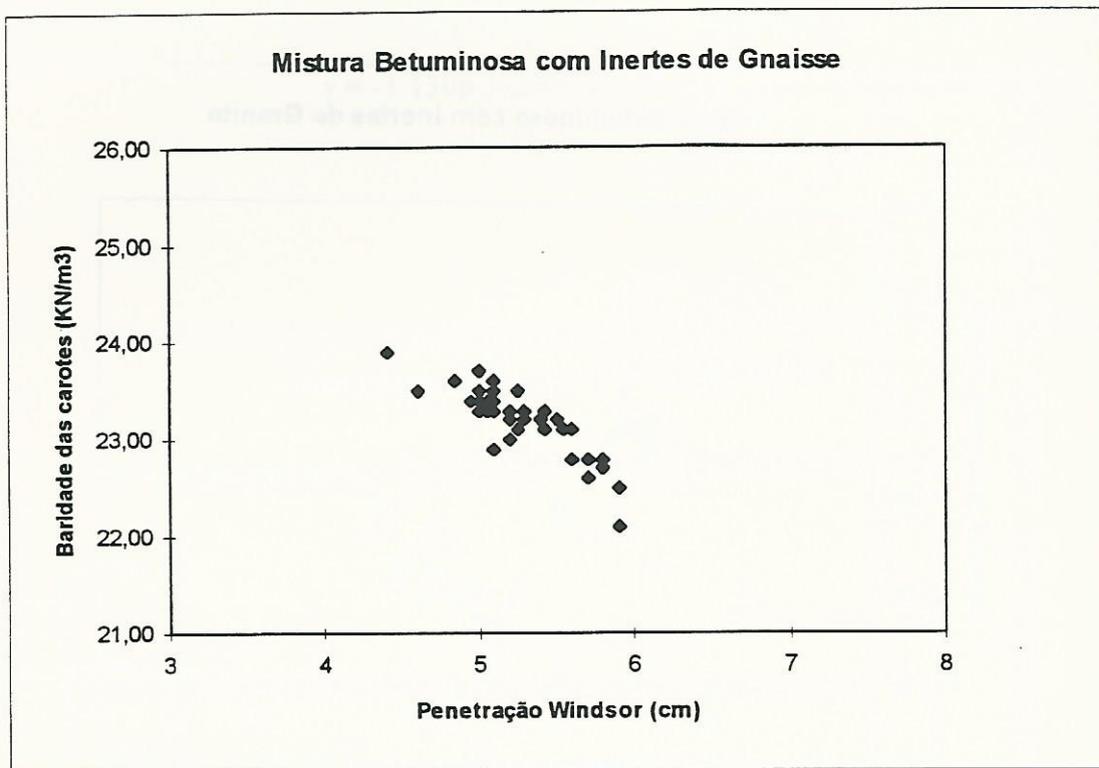


Figura 2.4 - Penetração Windsor, versus baridade em carotes constituídas por misturas betuminosas com inertes de gnaise.

A relação obtida foi a seguinte:

$$\gamma = -0.910p + 28.000 \quad (\text{KN/m}^3) \quad (2.4)$$

Com os valores obtidos para cada tipo de mistura betuminosa, realizaram-se avaliações estatísticas, cujos resultados, para a amplitude de valores estudados, apontam para a existência de uma tendência para regressão linear entre estas duas grandezas, que são a baridade do carote e penetração do pino pelo ensaio Windsor.

Os resultados desse estudo resumem-se no quadro 2.1

QUADRO 2.1 - Resultados dos ensaios efectuados em misturas betuminosas (baridade versus penetração Windsor).

Natureza dos inertes da Mistura betuminosa	declive da recta	ordenada na origem	$S_{y.x}$	r	r^2
Calcário	-1,130	29,792	0,208	-0,88	0,774
Granítico	-1,901	32,311	0,269	-0,89	0,792
Basáltico	-1,184	30,523	0,228	-0,83	0,689
Gnáissico	-0,910	28,00	0,183	-0,86	0,740

Para cada caso, determinou-se ainda o desvio padrão da estimativa de Y em X ($S_{y.x}$), que traduz a dispersão dos valores em torno da regressão analisada.

Considera-se que a dispersão existente se deve à dimensão dos inertes que constituem as misturas betuminosas (dimensões de brita² e inferiores). Como tal, considera-se que os valores obtidos para o desvio padrão são bons.

Se atendermos ao facto de que a mistura betuminosa com inertes calcários tem como valor de baridade máxima teórica cerca de 24,2 KN/m³ (apresentada em estudo de composição e determinada pelo método Marshall), e sendo, nesse caso, o desvio padrão aproximadamente igual a 0,21, conclui-se que o erro cometido na avaliação do grau de compactação da mistura pelo ensaio Windsor é de cerca de 1 % (0,21 / 24,2), o que constitui uma excelente aproximação do valor real.

Deste modo, com um ensaio extremamente expedito, é possível avaliar o grau de compactação que uma dada camada betuminosa possui, sem ter que recorrer à execução de carotagens no pavimento, as quais para além de destrutivas, são demoradas, comparativamente à execução da penetração de um pino de 3,5 cm pelo ensaio Windsor.

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao controlo de qualidade de pavimentos, julga-se ter sido dado um passo significativo no sentido de tornar mais fácil o controlo das baridades "in situ", em camadas betuminosas, ao demonstrar-se que o ensaio Windsor é uma boa alternativa como método de execução desse controlo, tendo ainda a vantagem acrescida, relativamente à extracção dos carotes, de não danificar o pavimento.

No entanto, importa referir que o universo de amostras estudado não permite ainda generalizar a utilização deste tipo de relações, sendo necessário ampliar a gama de valores aqui analisados, bem como estudar outros tipos de misturas.

4 - AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho, apenas foi possível graças ao apoio que me foi prestado por várias entidades e pessoas, aquando da realização da Dissertação de Mestrado, que está na base deste artigo.

Gostaria de agradecer à Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, que me concedeu uma bolsa de estudos para a realização do curso de Mestrado na U.N.L., e ao Professor Doutor Fernando Ladeira, que orientou a tese de Mestrado.

Agradeço também à Brisa e à Junta Autónoma de Estradas, por permitirem a execução dos ensaios necessários à elaboração desta pesquisa, nas suas obras, tendo posto sempre ao meu dispor, os meios necessários à sua realização.

Particularizo o meu agradecimento aos Senhores Eng^o Serafim Luis, Eng^o Ernesto Domingues, Eng^o Correia de Matos, Eng^o Mário Cardoso, Eng^o Valverde Miranda, Sr. Rui Azevedo, Sr. Amândio e Sr. Santos, pelo apoio prestado.

Gostaria ainda de expressar o meu agradecimento à Tecnovia pelas facilidades concedidas bem como pela colaboração prestada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Almeida Pereira, O. (1971) - Pavimentos Rodoviários. Vol I e IV. LNEC. Lisboa.
- 2 - Faria, Paula A. G. (1994) - A Geologia de Engenharia no controlo de qualidade de obras. Dissertação apresentada a 30 de Novembro de 1994 na Faculdade de Ciências e Tecnologia da U.N.L, para a obtenção do grau de Mestre.
- 3 - Ladeira, F. L. (1984 a) - Índice de qualidade pelo ensaio Windsor. Nota prévia, Anais do 4º Cong. Bras. de Geologia de Eng. Belo Horizonte. Vol.3, pp371 a 376.
- 4 - Ladeira, F. L. (1984 b) - Índice de qualidade num filito pelo ensaio Windsor. Revista da Escola de Minas de Ouro Preto (REM). Vol.37 (2), pp. 9-12.
- 5 - Ladeira, F. L. (1985) - Estudos geotécnicos com o Ensaio Windsor, 1º Encontro Nacional de Geotecnia. L.N.E.C., vol. 2.
- 6 - Ladeira, F. e Gomes, M. (1985) - Índices de qualidade num gnaisse pelo ensaio Windsor. Solos e rochas. Vol.8 (2), pp. 15-19.

- 7 - Ladeira, F. e Gomes, M. (1986) - Quantificação da alterabilidade de um gnaiss. Geociências Aveiro. Vol. 1; pp61-66.
- 8 - Ladeira, F. L. (1988) - Windsor test - a new measuring rock or soil strength. CARE, 88 (Conference on applied rock engineering) The Institution of Mining and Metallurgy. London, pp 127-131.
- 9 - Law, S. M: e Burt, W. T: (1969) - Concrete probe strength study. Louisiana Dept. of Highways Research. Report, nº 44. Baton Rouge. Louisiana. 37pp.
- 10 - Malhotra, V: M: e Painter, K. (1971) - Evaluation of Windsor prob test for estimating compressive strength of concrete. Mines Branch Investigation Report IR-71-50. Dept. of Energy, Mines and Resources Ottawa. 42pp.
- 11 - Vieira, D.P. (1978) - Método brasileiro de penetração de pinos. XIX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural.