

COMPORTAMENTO DA ABSORÇÃO DE ASFALTO POR AGREGADO DE GABRO EM RELAÇÃO AO TEMPO E AO TEOR DE ASFALTO

Lilian Tais de Gouveia

Elisa Picchi Adelino

José Leomar Fernandes Júnior

Departamento de Transportes - Escola de Engenharia de São Carlos – USP

RESUMO

Este artigo apresenta uma avaliação da absorção de asfalto por agregado de gabro, em função do tempo e do teor de asfalto adicionado à mistura. Foi analisada tanto a absorção de curto prazo, que ocorre durante o período de tempo em que a mistura permanece na temperatura de compactação, correspondente ao armazenamento, ao transporte e ao espalhamento no pavimento, como a absorção de longo prazo, que pode ocorrer de forma continuada, após a compactação da mistura no pavimento, por longos períodos de tempo. Os resultados mostram que as absorções de curto e de longo prazos aumentam ao longo do tempo, tendendo à estabilização após um determinado período, que varia em função da viscosidade do asfalto. Pode-se observar uma proximidade entre os valores de absorção de curto e de longo prazos, indicando que os poros das partículas dos agregados absorvem asfalto até alcançar sua possível saturação, podendo essa saturação ser atingida mais facilmente, num menor período de tempo, quando a viscosidade do asfalto é mais baixa, ou em um período mais prolongado, com o passar de meses, quando o asfalto está à temperatura ambiente, com viscosidade mais elevada. Os resultados também mostram que, tanto para a absorção de curto como de longo prazos, o agregado apresenta uma tendência de absorver mais asfalto quanto menor a espessura da película que o envolve, ou seja, misturas com teores de asfalto mais baixos absorvem mais asfalto em razão da diminuição da tensão superficial.

ABSTRACT

This paper presents an evaluation of asphalt absorption by a gabbro aggregate, as a function of time and asphalt content. It was analyzed both the short term absorption, which occurs during the period of time the mixture remains at compaction temperature, that corresponds to the storage, transportation and paving, and the long term absorption, which can occur in a continuous way, after the compaction, for a long period of time. The results show that the absorption increases with time, but tends to stabilization after a period of time, which depends on the asphalt viscosity. The values of short and long term absorption are very close, indicating that the aggregate pores absorb asphalt until reaching the saturation. The time to the saturation limit is a function of asphalt viscosity. The results also show that both short and long term absorption are higher as thinner is the asphalt thickness, i.e., mixtures with lower asphalt content absorb more asphalt due to the reduction of the surface tension.

1. INTRODUÇÃO

Absorção, definida como a fixação de uma substância, geralmente líquida ou gasosa, no interior da massa de outra substância, em geral sólida, resulta de um conjunto complexo de fenômenos de capilaridade, atrações eletrostáticas, reações químicas etc. (Ferreira, 1999).

A maioria dos agregados utilizados na pavimentação asfáltica apresenta algum grau de absorção de asfalto, o que significa que a maioria das misturas asfálticas possuem menor teor de asfalto efetivo do que o teor adicionado às misturas durante a usinagem. A porção de asfalto absorvido pelo agregado durante a mistura ou mesmo após a compactação deixa de estar disponível como ligante, tornando a mistura menos rica em asfalto, fato esse que, se ignorado, pode vir a ocasionar muitos problemas.

A consequência direta do fenômeno da absorção é a diminuição do filme de asfalto que envolve as partículas do agregado. Tal diminuição torna a mistura mais suscetível às solicitações do tráfego e às intempéries, podendo ser responsável pelo surgimento de defeitos no pavimento, tais como o desgaste, que consiste na perda de adesividade entre o ligante asfáltico e o agregado. Outro problema que ocorre quando a absorção de asfalto não é

considerada é o cálculo incorreto do volume de vazios (V_v), dos vazios do agregado mineral (VAM) e dos vazios preenchidos por asfalto (relação betume-vazios, RBV), que são parâmetros volumétricos utilizados como critério de projeto das misturas asfálticas.

A absorção de asfalto pode ocorrer de maneira seletiva, ou seja, certas frações do asfalto são extraídas preferencialmente, causando modificações nas propriedades do asfalto efetivo (asfalto não absorvido) em relação ao asfalto original, podendo resultar em um prematuro endurecimento e envelhecimento do asfalto.

Uma outra característica da absorção está relacionada à sua ocorrência ao longo do tempo. Alguns agregados absorvem asfalto rapidamente no momento da mistura, pois nesse momento o asfalto apresenta menor viscosidade, facilitando sua absorção para dentro dos seus poros. Outros apresentam absorção lenta e continuada, por longos períodos de tempo. Essa característica de variação da absorção em relação ao tempo pode levar a estimativas incorretas dos parâmetros volumétricos das misturas, mesmo quando a absorção de asfalto pelo agregado é considerada, pois o asfalto pode continuar a ser absorvido pelo agregado após a compactação (Kandhal & Khatri, 1991 e Lee, 1969).

Uma forma prática de contornar o problema de absorção seria aumentar a quantidade de asfalto na mistura. Isso poderia ser eficiente se a absorção fosse rápida o bastante para ser completada durante o processo de mistura. Porém, se a absorção ocorresse mais lentamente, após o período de construção do pavimento, a necessidade de uma maior quantidade de asfalto na mistura poderia não ser detectada, o que resultaria em uma mistura, a médio e longo prazos, com pouco asfalto e, conseqüentemente, com problemas de desgaste precoce. Se uma quantidade extra de asfalto fosse adicionada, a mistura teria, quando compactada, uma estabilidade inicial baixa e problemas de exsudação (Lee et al., 1990 e Lettier et al., 1949).

Neste estudo, a abordagem é quanto à variação da absorção ao longo do tempo e de seu comportamento em função do teor de asfalto da mistura. Este trabalho foi desenvolvido considerando o tempo em que as misturas permanecem em temperaturas próximas à de compactação, correspondente ao tempo de armazenamento, transporte e lançamento da mistura no pavimento, denominada de absorção de curto prazo. A absorção que ocorre ao longo dos meses, após a compactação da mistura, denominada de absorção de longo prazo, também é avaliada neste trabalho. Além da avaliação da absorção em relação ao tempo, também é verificado se há variação da absorção em função do teor de asfalto, ou seja, se a absorção sofre influência da espessura da película de asfalto que envolve as partículas.

2. PROPRIEDADES DO AGREGADO NA ABSORÇÃO

Os poros nos agregados são cavidades irregulares, conectadas ou não por capilares, podendo ter forma e diâmetro variados. A absorção está diretamente relacionada com a porcentagem de interstícios ou porosidade existente na massa cristalina das partículas. Estudos realizados por Lettier *et al.* (1949), relacionando porosidade e absorção através da densidade aparente do agregado, mostram que quanto menor a densidade aparente de agregados de mesma origem, maior é a absorção de água, em uma escala linear. A absorção de asfalto também tem uma forte correlação com a distribuição dos poros sobre as partículas do agregado e com o tamanho ou diâmetro dos poros, sob os efeitos da pressão capilar e da viscosidade, pois poros com diâmetros muito pequenos não conseguem absorver asfalto.

3. PROPRIEDADES DO ASFALTO NA ABSORÇÃO

A quantidade de asfalto absorvido pelo agregado também é função de algumas propriedades do asfalto, tais como viscosidade, composição, distribuição do tamanho molecular e propriedades de molhamento (ângulo de contato e tensão superficial), fatores estes que se interrelacionam e dependem de outras variáveis, como a temperatura e o tempo. Wingrave *et al.* (1978) e Wade (1974), que estudaram a absorção de vários hidrocarbonetos e da água, mostram que a taxa de absorção, em um dado volume, é dada por:

$$-\frac{1}{3} \times A - \frac{1}{2} \times \left[(1-A)^{\frac{2}{3}} - 1 \right] = t_r \quad (1)$$

onde:

- A = fração preenchida do volume do poro ($0 \leq A \leq 1$);
- t_r = tempo reduzido, dado por:

$$t_r = \frac{Kpt}{R^2\mu} \quad (2)$$

onde:

- K = coeficiente de permeabilidade de Darcy;
- p = pressão de capilaridade;
- t = tempo de absorção;
- R = raio da partícula;
- μ = viscosidade do fluido.

Para um poro circular de raio r

$$p = \frac{2\sigma \cos \theta}{r} \quad (3)$$

$$K = \frac{r^2}{8} \quad (4)$$

As Equações 1, 2, 3 e 4 mostram que o processo de absorção é governado pela tensão superficial (σ), ângulo de contato (θ), viscosidade (μ), assim como o raio do poro ou tamanho do poro (r), o raio da partícula ou tamanho da partícula (R) e a porosidade (K). Geralmente, a absorção aumenta com o tempo e com a diminuição da viscosidade do asfalto (Kandhal & Lee, 1972; Lee, 1969). Essas conclusões, baseadas em resultados experimentais, concordam qualitativamente com as Equações 1, 2, 3 e 4.

4. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para a avaliação da taxa de absorção dos agregados em função do tempo, são executadas misturas asfálticas soltas (não compactadas) no teor de projeto de 6,2%, correspondente a um volume de vazios de 4%, quando compactadas com 75 golpes por face do corpo-de-prova. Também são executadas misturas com +0,5% e -0,5% de asfalto em relação ao teor de projeto, com o objetivo de avaliar a relação da absorção em função do teor de asfalto na mistura.

Para a avaliação da absorção de curto prazo, logo após a execução das misturas, estas são submetidas ao ensaio de determinação da densidade máxima medida (DMM), correspondente à DMM com tempo zero. Após a permanência da mistura na temperatura de compactação (146°C), durante duas horas, procede-se a segunda determinação da DMM da mistura,

denominada DMM de duas horas e, assim, sucessivamente, para as 8 horas de tempo em estufa previstas. A determinação da DMM faz parte do processo de obtenção da taxa de absorção de asfalto pelo agregado.

Para a avaliação da absorção de longo prazo, logo após a execução das misturas, realiza-se a primeira determinação da DMM, correspondente à DMM do mês zero. Após essa primeira determinação, a mistura permanece ao abrigo da luz por um mês. Passado esse período, novo ensaio para a determinação da DMM é executado, permanecendo a mistura ao abrigo da luz por mais um mês e, assim, sucessivamente, por um período de 6 meses.

A absorção de asfalto pelo agregado é calculada com base na densidade efetiva e densidade aparente do agregado e na densidade do asfalto, como mostra a Equação 5. A ASTM C 127 (1993) e a ASTM C 128 (1993) padronizam os métodos para a determinação da densidade aparente dos agregados grossos e finos, respectivamente, onde as amostras são deixadas submersas em água por 24 horas e, posteriormente, as partículas saturadas dos agregados são secas superficialmente. A densidade efetiva do agregado é determinada, através da Equação 6, utilizando-se a DMM da mistura, a densidade e o teor de asfalto.

$$A_{abs} = 100 \times \frac{\rho_{ef} - \rho_{ap}}{\rho_{ef} \times \rho_{ap}} \times \rho_b \quad (5)$$

$$\rho_{ef} = \frac{1 - P_b}{\frac{DMM}{\rho_b} - P_b} \quad (6)$$

onde:

- A_{abs} = porcentagem de asfalto absorvido;
- ρ_{ef} = densidade efetiva do agregado;
- ρ_{ap} = densidade aparente do agregado;
- ρ_b = densidade do asfalto;
- P_b = porcentagem de asfalto;
- DMM = densidade máxima medida.

A densidade máxima medida da mistura pode ser obtida através do método desenvolvido por James M. Rice em 1953, normalizado pela ASTM D 2041 (1995). O procedimento de preparo da amostra para a determinação da DMM é o mesmo utilizado na composição dos corpos-de-prova Marshall, excluindo a etapa de compactação, consistindo no peneiramento do material granular nas frações necessárias e na composição das misturas de agregados de acordo com a curva granulométrica utilizada (Tabela 1).

Após a execução das misturas asfálticas com o teor de asfalto de projeto e com teores de +0,5% e -0,5% de asfalto em relação ao teor de projeto, estas são resfriadas manualmente, com o auxílio de uma espátula, para evitar a formação de grumos, como ilustra a Figura 1. Em seguida, a mistura é colocada dentro de um kitassato modificado para a determinação da massa seca da amostra (Figura 2).

Tabela 1: Curva granulométrica utilizada

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem passada (%)
19,0	100
12,5	95
9,50	86
4,75	61
2,36	46
1,18	35
0,60	26
0,30	19
0,15	11
0,075	3,5



Figura 1: Resfriamento da amostra



Figura 2: Determinação da massa seca

O kitassato foi adaptado às necessidades do ensaio, para haver um dispositivo de nivelamento que propiciasse maior precisão. O dispositivo desenvolvido, que pode ser visualizado na Figuras 3, é composto por três partes, uma mais externa rosqueável, utilizada para fixar o dispositivo na boca do kitassato, outra interna, utilizada para fixar o cilindro de vidro, e o cilindro de vidro fino, para proporcionar maior precisão. A parte interna (branca) também é composta por dois anéis de borracha, um situado na parte inferior, que evita o vazamento de água através da parte rosqueável à boca do kitassato, e outro anel fixado em sua parte interna, que evita o vazamento de água ao redor das paredes do cilindro. Esses detalhes podem ser melhor esclarecidos na Figuras 4, que apresenta as partes destacadas do dispositivo.



Figura 3: Dispositivo de nivelamento



Figura 4: Detalhe do dispositivo

Após a determinação da massa seca da amostra, é adicionada água fervida ao kitassato modificado, em quantidade suficiente para que o nível de água permaneça 2 cm acima da superfície da amostra. A água utilizada nesse ensaio é fervida durante aproximadamente 1 hora, para diminuição de sua oxigenação. Em seguida, o conjunto (kitassato, amostra e água) é conectado à bomba de vácuo parcial para a extração de bolhas de ar da amostra, como ilustram as Figuras 5 e 6. São ministrados movimentos manuais periódicos ao kitassato,

durante sua permanência na bomba de vácuo parcial, para otimizar a retirada de ar do interior da amostra. Terminada a extração de ar, é adicionada água fervida até o limite superior do kitassato modificado, com muito cuidado para não haver incorporação de ar ou formação de bolhas, rosqueando-se, em seguida, o dispositivo de nivelamento.

Nivelada a água, enxuga-se externamente o kitassato modificado, com o auxílio de uma toalha felpuda, para retirar a água que extravasa no momento do nivelamento, para só então determinar-se a massa do conjunto. Como último passo, promove-se a determinação da temperatura do conjunto. Na sucessão de ensaios, é importante atentar para a colocação do termômetro sempre em uma mesma altura no interior do kitassato, pois a temperatura da água pode apresentar alguma variação dependendo do local em que o termômetro seja colocado.



Figura 5: Extração de ar da amostra



Figura 6: Detalhe da extração de ar

Sendo conhecidas as massas da amostra seca e do conjunto, determinadas durante o ensaio, e tendo sido definida a curva de calibração do kitassato, ou seja, a determinação da massa do kitassato preenchido com água fervida em função da temperatura, pode-se calcular a DMM da mistura asfáltica como mostra a Equação 7.

$$DMM = \frac{A}{A + D - E} \quad (7)$$

onde:

- A = massa seca da amostra;
- D = massa do kitassato modificado preenchido com água, em função da temperatura;
- E = massa do conjunto (kitassato, amostra e água).

5. MATERIAIS

5.1. Agregados

As misturas são realizadas com um agregado mineral de gabro, proveniente da Pedreira São Roque, localizada em Limeira-SP. Algumas das propriedades relacionadas com a absorção, como a densidade aparente do agregado (ρ_{ap}), a porosidade total e a absorção de água pelo agregado ($Abs_{\text{água}}$), são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades dos agregados relacionadas à absorção

Tipo de Agregado	ρ_{ap}	Porosidade Total (%)	$Abs_{\text{água}}$ (%)
Gabro	2,742	4,63	1,67

5.2. Ligante Asfáltico

O asfalto utilizado é um CAP 20, com suas propriedades satisfazendo às exigências do Regulamento Técnico do Departamento Nacional de Combustíveis DNC n. 01/92 (Tabela 3).

Tabela 3: Características físicas do CAP-20 utilizado

Ensaio	Resultados	Exigência DNC 01/92	Método
Viscosidade absoluta a 60 °C (poise)	3200	2000 a 3500	MB-827
Viscosidade Saybolt Furol a 135 °C (s)	165	120 mín.	
Viscosidade Saybolt Furol a 177 °C (s)	35	30 a 150	MB-517
Índice de suscetibilidade térmica	-0,45	-1,5 a 1,0	-
Penetração, 25 °C, 100g, 5s (0,1mm)	55	50 mín.	MB-107
Ponto de fulgor (°C)	264	235 mín.	MB-50
Densidade real (g/cm ³)	1,020*	-	-

* Resultado de ensaio fornecido pela Petrobras - Petróleo Brasileiro S.A.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Tabela 4 e 5 são exibidos os valores da densidade máxima medida, da densidade efetiva do agregado e da absorção de asfalto de curto e longo prazos, respectivamente, correspondentes à média aritmética de duas determinações, feitas com diferentes amostras de um mesmo agregado. Deve-se salientar que as diferenças entre dois resultados do ensaio de determinação da DMM, executados por um mesmo operador, em amostras similares de um mesmo agregado, foram inferiores a 0,011, como estabelece a norma ASTM D 2041.

Tabela 4: Absorção de curto prazo para teores de asfalto de 5,7%, 6,2% e 6,7%

Tempo (horas)	Teor de asfalto de 5,7%			Teor de asfalto de 6,2%			Teor de asfalto de 6,7%		
	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)
0	2,515	2,811	0,92	2,505	2,797	0,73	2,494	2,783	0,54
2	2,528	2,828	1,13	2,524	2,823	1,06	2,503	2,795	0,71
4	2,534	2,836	1,23	2,527	2,828	1,12	2,511	2,806	0,84
6	2,538	2,841	1,30	2,527	2,827	1,12	2,511	2,806	0,84
8	2,539	2,843	1,33	2,533	2,834	1,21	2,513	2,809	0,88

Tabela 5: Absorção de longo prazo para teores de asfalto de 5,7%, 6,2% e 6,7%

Tempo (meses)	Teor de asfalto de 5,7%			Teor de asfalto de 6,2%			Teor de asfalto de 6,7%		
	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)	DMM	ρ_{ef}	Abs (%)
0	2,514	2,810	0,90	2,496	2,785	0,57	2,496	2,785	0,57
1	2,528	2,829	1,14	2,506	2,799	0,75	2,501	2,792	0,66
2	2,537	2,840	1,28	2,512	2,807	0,86	2,503	2,795	0,70
3	2,540	2,845	1,34	2,517	2,814	0,95	2,506	2,799	0,76
4	2,541	2,846	1,35	2,521	2,818	1,01	2,507	2,801	0,78
5	2,542	2,847	1,37	2,521	2,818	1,01	2,510	2,804	0,82
6	2,542	2,847	1,37	2,521	2,818	1,01	2,509	2,803	0,82

Os gráficos contendo a variação da absorção de asfalto de curto e longo prazos, das amostras com teores de 5,7%, 6,2% e 6,7% de asfalto, estão ilustrados nas Figuras 7 e 8. Ao analisar a Figura 7, pode-se verificar que a absorção aumenta ao longo das horas de exposição das misturas à temperatura de compactação, de maneira mais acentuada nas primeiras horas, em seguida tendendo à estabilização. Pode-se perceber, também, que as misturas com teores de

asfalto mais elevados absorvem menos asfalto quando comparadas às misturas com teores mais baixos de asfalto, demonstrando que quanto menor o teor de asfalto maior é a absorção.

Analisando a Figura 8, que apresenta o gráfico da absorção versus tempo, decorridos seis meses de avaliação mensal das amostras, pode-se verificar a mesma tendência de absorção já observada no curto prazo, ou seja, misturas com maior teor de asfalto absorvem menos asfalto.

Isso mostra uma tendência dos agregados de absorver mais asfalto quanto menor a espessura da película que os envolve. Uma possível explicação para esse fato é que quando o teor de asfalto na mistura é menor, também é menor a espessura da película de asfalto que envolve a partícula do agregado, permitindo que o asfalto migre com mais facilidade ao interior dos poros devido à diminuição de sua tensão superficial.

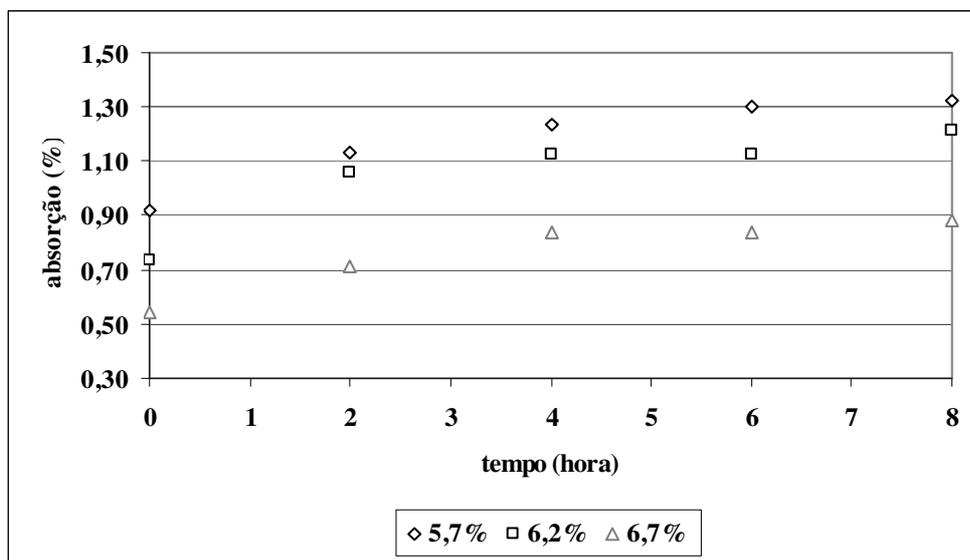


Figura 7: Variação da absorção de curto prazo para os diferentes teores de asfalto

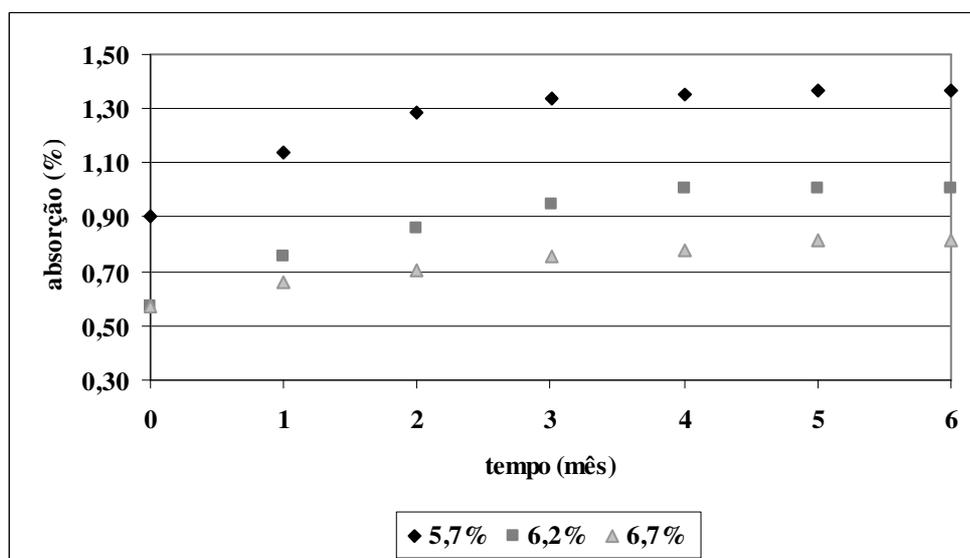


Figura 8: Variação da absorção de longo prazo para os diferentes teores de asfalto

Os valores da absorção de asfalto versus tempo podem ser ajustados a uma curva hiperbólica. Essa constatação também foi verificada por Kandhal & Khatri (1991), que apresentam equações para a obtenção da absorção estimada de asfalto para qualquer tempo de absorção, sendo conhecidas a absorção para o tempo zero e em mais dois pontos de tempo nos quais a absorção é conhecida. As Equações estão apresentadas a seguir.

$$A = A_0 + \frac{t}{a + bt} \quad (8)$$

$$a = \frac{t_1 t_2}{t_2 - t_1} \left(\frac{1}{\Delta A_1} - \frac{1}{\Delta A_2} \right) \quad (9)$$

$$b = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\frac{t_2}{\Delta A_2} - \frac{t_1}{\Delta A_1} \right) \quad (10)$$

$$A_L = A_0 + \frac{1}{b} \quad (11)$$

onde:

- A = absorção de asfalto para qualquer tempo t ;
- A_0 = absorção de asfalto para o tempo zero;
- $\Delta A_1 = A_1 - A_0$;
- $\Delta A_2 = A_2 - A_0$;
- A_1 e A_2 = taxas de absorção para os tempos t_1 e t_2 ;
- A_L = absorção limite ou absorção última, para quando o tempo tende ao infinito.

Os gráficos de absorção versus tempo, ilustrados na Figura 9 e 10, apresentam as curvas hiperbólicas calculadas e as curvas de absorção para o curto e longo prazos, respectivamente. Os coeficientes de correlação entre as curvas de absorção e as curvas hiperbólicas, para um mesmo teor de asfalto, são de 0,99, indicando uma forte relação entre a absorção calculada, através das Equações 8, 9 e 10, e absorção determinada.

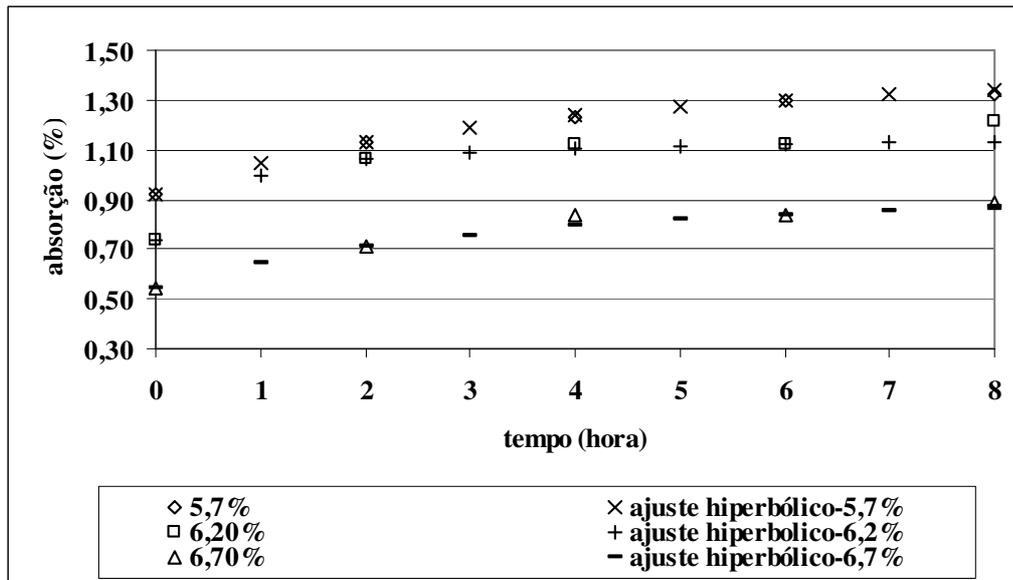


Figura 9: Absorção de curto prazo versus tempo e ajuste hiperbólico

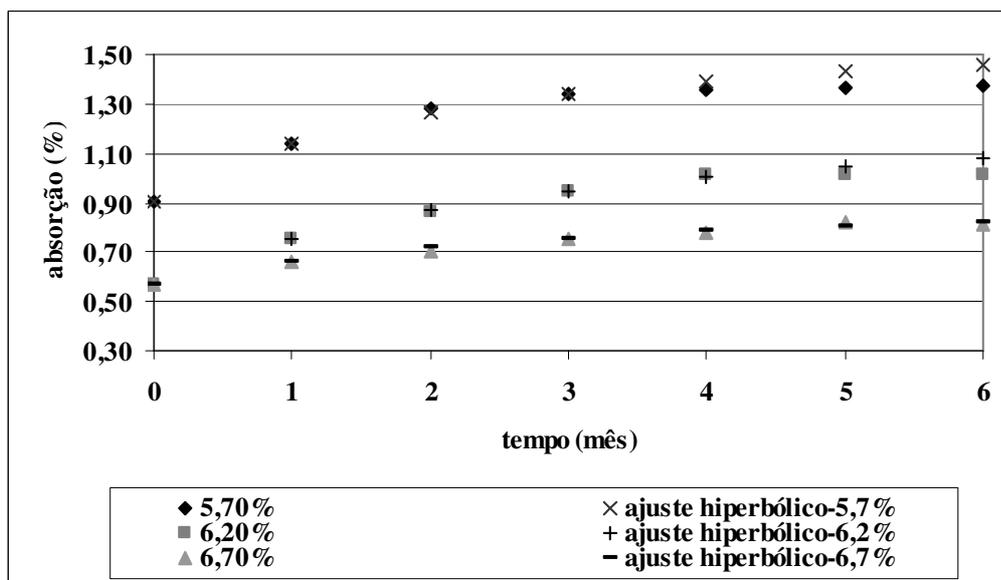


Figura 10: Absorção de longo prazo versus tempo e ajuste hiperbólico

Uma vantagem de se conhecer a absorção num determinado tempo é poder prever a DMM da mistura com base na absorção. Ao plotar o gráfico de absorção em função de DMM, sendo conhecidas a absorção inicial e estimada a absorção limite, ou com valores calculados de DMM e absorção, como é o caso do gráfico apresentado na Figura 11, pode-se calcular qual será o V_v da mistura, após a compactação, transcorrido um determinado tempo de armazenamento e transporte.

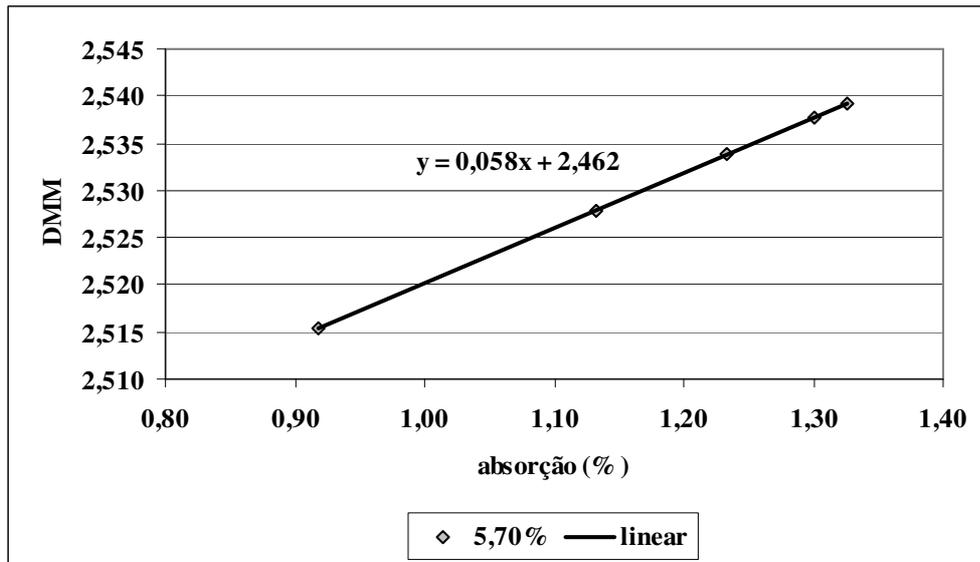


Figura 11: Absorção versus DMM

No gráfico apresentado na Figura 12 estão plotados os valores obtidos para absorção de curto e longo prazos em função do tempo, para os teores de asfalto de 5,7%, 6,2% e 6,7%. Pode-se observar uma proximidade dos valores de absorção que ocorrem a curto e longo prazos, indicando que, mesmo estando em situação diferente de viscosidade do asfalto, as misturas com um mesmo teor de asfalto parecem absorver quantidades parecidas de asfalto, ainda que transcorridos períodos de tempo diferentes.

Parece indicar, também, que o agregado absorve uma certa quantidade de asfalto, independentemente de quanto tempo leve para isso, ou seja, os interstícios ou poros das partículas dos agregados absorvem asfalto até alcançar sua possível saturação, podendo essa saturação ser alcançada mais facilmente, num menor tempo, quando a viscosidade do asfalto é mais baixa, ou em um período mais prolongado, com o passar dos meses, quando o asfalto está na temperatura ambiente, numa viscosidade mais elevada.

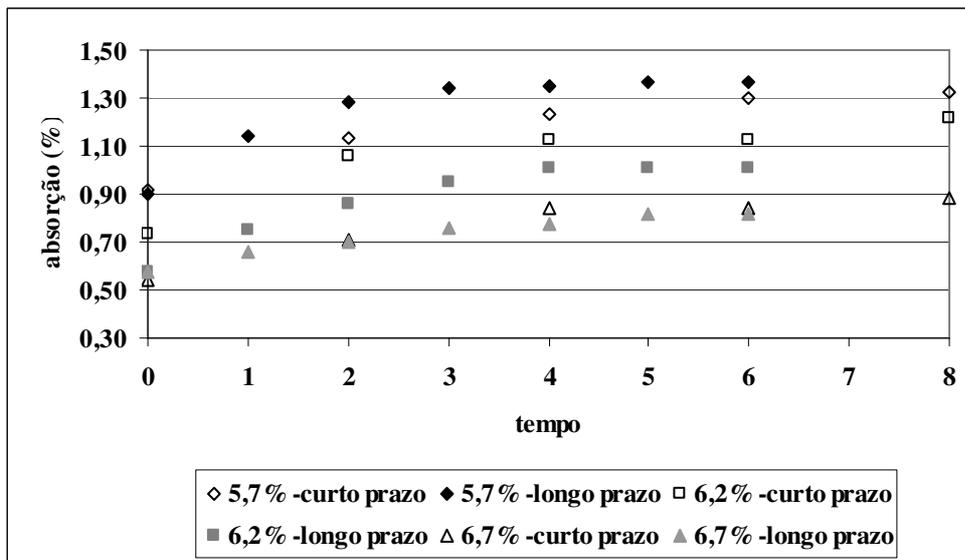


Figura 12: Absorção versus tempo

7. CONCLUSÕES

Com base nos experimentos laboratoriais desta pesquisa, pode-se concluir que:

- a absorção aumenta ao longo do tempo, mas tende à estabilização;
- tanto na absorção de curto como de longo prazo, o agregado tem a tendência de absorver mais asfalto quanto menor a espessura da película de asfalto que o envolve, provavelmente em razão da diminuição da tensão superficial, que permite que o asfalto migre com mais facilidade ao interior dos poros;
- o cálculo da DMM das misturas deve considerar que a absorção varia com o teor de asfalto adicionado na mistura;
- quanto maior a viscosidade de um mesmo asfalto maior o tempo necessário para a estabilização da absorção;
- os valores de absorção de curto prazo não diferem significativamente dos de longo prazo, indicando que o agregado absorve a quantidade de asfalto necessária para atingir a saturação de seus poros independentemente de quanto tempo leve para isso, podendo essa saturação ser alcançada em um menor tempo, facilitada pela menor viscosidade do asfalto;
- os valores da absorção de asfalto em função do tempo podem ser ajustados a uma curva hiperbólica, apresentando elevado coeficiente de correlação entre a absorção ensaiada e a absorção calculada;
- é possível prever a variação da DMM de uma mistura asfáltica, com base na absorção, em função do tempo;
- pesquisas adicionais devem ser realizadas para avaliação do comportamento da absorção de asfalto por outros tipos de agregados.

Agradecimento

O desenvolvimento desta pesquisa conta com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) na forma de bolsas de estudos (doutorado e iniciação científica).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C 127 (1993) – Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- ASTM C 128 (1993) – Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- ASTM D 2041 (1995) – Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Kandhal, P. S.; Khatri, M. A. (1991). Evaluation of asphalt absorption by mineral aggregates. Relatório Técnico 91 – 4, National Center for Asphalt Technology.
- Kandhal, P. S.; Lee, D. (1972). Asphalt absorption as related to pore characteristics of aggregates. Highway Research Record, n. 404.
- Lee, D. Y. (1969). The relationship between physical and chemical properties of aggregates and their asphalt absorption. Association of Asphalt Paving Technologists, v.38, p.242 – 275.
- Lee, D. Y.; Guinn, J. A.; Kandhal, P. S.; Dunning, R. L. (1990). Absorption of asphalt into porous aggregates. Relatório Técnico UIR-90-009, Strategic Highway Research Program (SHRP).
- Lettier, J. A.; Fink, D. F.; Wilson, N. B.; Farley, F. F. (1949). Mechanism of absorption of bituminous materials by aggregate. Association of Asphalt Pavement Technologists, v.18, p.278 – 300.
- Rice, J. M. (1953). New test method for direct measurement of maximum density of bituminous mixtures. Crushed Stone Journal.
- Wade, W. H. (1974). Spontaneous Imbibition of Fluids into Porous Vycor. Soc. of Petrol. Eng. J., p. 139-144.
- Wingrave J. A.; Wade W. H.; Schechter R. S. (1978). Liquid Imbibition into Evacuated Mesoporous Media. Padday, J. F., ed., Wetting, Spreading and Adhesion, chapter 12, p. 261-288. Academic Press, New York.