

# MISTURAS ASFÁLTICAS COM INCORPORAÇÃO DE CAL HIDRATADA COMO MELHORADOR DE DESEMPENHO

**André Luiz Bock**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Washington Peres Núñez**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## RESUMO

Uma alternativa pesquisada recentemente para aumentar a vida útil dos pavimentos asfálticos é a incorporação de cal hidratada como agente melhorador de desempenho. Estudos internacionais definem a cal com um aditivo multifuncional que melhora a durabilidade das misturas de concreto asfáltico (CA) de diversas formas. Entretanto, essas melhorias dependem significativamente da qualidade da cal (elevados teores de hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). No Brasil, até bem pouco tempo, a cal era usada como material de enchimento (fíler), sem avançar-se na discussão sobre a sua qualidade e os efeitos de sua incorporação no desempenho de misturas asfálticas. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma investigação sobre o efeito da incorporação de dois tipos de cales (calcítica e dolomítica) e dois tipos de ligantes (convencional e polimerizado) no desempenho de pavimentos (principalmente aumento da resistência ao trincamento e a deformações permanentes).

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os pavimentos asfálticos brasileiros tem tido seu desempenho comprometido devido ao crescente aumento do tráfego (não apenas pelo maior número de veículos pesados, mas também o aumento da capacidade de carga dos mesmos) e da circulação com excesso de cargas (favorecida pela falta de fiscalização nas rodovias). Estes fatores juntamente com a carência de manutenção e projetos muitas vezes inadequados, que utilizam critérios obsoletos que não englobam todas as variáveis, fazem com que os pavimentos asfálticos sejam prejudicados expressivamente quanto à sua vida útil.

A utilização de novos materiais e novas técnicas tem sido estudada nos principais centros de pesquisa do mundo, buscando melhorar a qualidade das misturas e atenuar os problemas de degradação prematura dos revestimentos. Uma das alternativas bastante pesquisada ultimamente é a incorporação de cal hidratada como agente melhorador de desempenho das misturas asfálticas. No Brasil a cal já é usada há algum tempo em misturas asfálticas convencionais como material de enchimento (fíler) e/ou melhorador de adesividade, porém, sem avançar-se na discussão sobre a importância de sua qualidade, forma de incorporação e os efeitos no desempenho de misturas asfálticas a quente.

Estudos publicados nos EUA têm demonstrado que a incorporação de cal hidratada em misturas asfálticas, além de melhorar a adesividade agregado-ligante, aumenta a rigidez da mistura, sem prejuízo da vida de fadiga, além disso, interage com produtos de oxidação, reduzindo seus efeitos deletérios (Little *et al.*, 2006). Hicks e Scholz (2003) afirmam que as modificações produzidas pela sua incorporação podem acrescentar anos a vida das misturas asfálticas, contribuindo na formação de pavimentos com elevado desempenho.

Entretanto, estas melhorias dependem significativamente do tipo e da qualidade da cal utilizada. Cales com baixos teores de óxido ( $\text{CaO}$ ) e hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) não produzirão os mesmos efeitos benéficos do que cales com elevados teores destes componentes. Pretende-se, portanto nesta pesquisa analisar detalhadamente a influência do tipo de cal nos parâmetros de dosagem e comportamento mecânico de misturas de CA.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Apresenta-se a seguir uma breve revisão bibliográfica sobre a utilização de cal hidratada em misturas asfálticas, sua influência nas propriedades mecânicas e de coesão/adesão.

### **2.1. Contexto histórico**

Em consequência de uma diminuição geral da qualidade dos ligantes asfálticos nos EUA devido à crise do petróleo de 1973, os danos por umidade e trincamentos térmicos se tornaram os modos de degradação mais graves da época (Kandhal; Rickards, 2001). Neste contexto, diversos aditivos para misturas de CA foram exaustivamente testados tanto em laboratório quanto em campo, e a cal hidratada experimentou um forte interesse, pois foi definida como o aditivo mais eficaz para minimizar os efeitos da degradação prematura (Hicks, 1991).

Atualmente é comprovado cientificamente que a cal tem diversos efeitos benéficos sobre as misturas de CA. Este assunto tem sido intensamente estudado e aplicado nos EUA, onde a cal é especificada em muitos estados norte-americanos e atualmente estima-se que 10% das misturas de CA produzido no EUA têm incorporação de cal hidratada (Hicks e Scholz, 2003). Infelizmente, no Brasil o emprego de cal hidratada na pavimentação asfáltica é menos usual, e suas funcionalidades ainda são bastante desconhecidas.

### **2.2. Misturas asfálticas com incorporação de cal hidratada**

Em serviço, os pavimentos de CA estão sujeitos a mudanças das condições ambientais e ação das cargas oriundas do tráfego. Os fatores ambientais têm um papel importante no comportamento do pavimento, devido à presença de umidade, as oscilações de temperatura, e envelhecimento das misturas. Combinado com as tensões impostas pelas cargas repetidas de tráfego, uma separação física entre o ligante asfáltico e o agregado pode ocorrer, e a umidade atinge a superfície do agregado, fenômeno conhecido como "*stripping*" (Sebaaly, 2007).

Nas rodovias brasileiras, observa-se a presença cada vez mais frequente deste defeito. Apesar de a perda de adesão e de coesão em uma mistura ter grande influência na origem de defeitos como deformação permanente e trincamento por fadiga, poucos estudos foram conduzidos no Brasil e no mundo para que se entenda melhor tal mecanismo e a influência da cal no sentido de impedir ou retardar este efeito.

A resistência do CA aos danos causados pela umidade é muito importante para seu desempenho à longo prazo. Os danos causados pela presença de umidade se manifestam através de uma redução na resistência ou rigidez da mistura. Portanto, se uma mistura de CA é suscetível a danos causados pela umidade, ela pode eventualmente sofrer com diversos modos de degradação (fadiga, deformação permanente, trincamento térmico e desgaste excessivo).

Devido a sua ampla utilização nos últimos 40 anos nos EUA, a cal tem sido vista não somente como um aditivo para prevenção de danos causados pela umidade, mas também como um aditivo multifuncional que melhora a durabilidade da mistura asfáltica de diversas formas. A cal é conhecida por reduzir o envelhecimento químico do ligante asfáltico, aumenta a rigidez da mistura (maior resistência às deformações permanentes) sem torná-la mais suscetível ao trincamento (ocasionado por fadiga, tensões cisalhantes elevadas ou baixas temperaturas).

A cal melhora substancialmente cada uma dessas propriedades, contribuindo na formação de pavimentos que apresentarão elevado desempenho por muitos anos. Análises de custo de ciclo de vida demonstram que a cal também é economicamente vantajosa (Hicks e Scholz, 2003).

### 3. METODOLOGIA

Diante do contexto apresentado anteriormente, pretende-se investigar na presente pesquisa a possibilidade de se produzir misturas asfálticas de elevado módulo e durabilidade, por meio da incorporação de cal hidratada, para tal serão modificados dois projetos de mistura de CA utilizados na BR 290 (Freeway).

As misturas de CA são formuladas com agregados de rocha basáltica, utilização de dois tipos de cal (Calcítica e Dolomítica; com substituição de 1,0% do pó-de-pedra) e dois tipos de ligantes (convencional CAP 50/70 e polimerizado FlexPave 60/85). Serão analisadas além das misturas de Referência (sem incorporação de cal), quatro combinações de cal-ligante.

Pretende-se esclarecer, quais fatores influenciam de forma predominante na melhoria das propriedades mecânicas e no desempenho das misturas asfálticas (aumento da vida de fadiga e da resistência à deformações permanentes). Estas análises serão realizadas através de ensaios de resistência à tração (Rt), ensaio de módulo de resiliência (Mr), ensaio de deformação permanente e ensaios de fadiga.

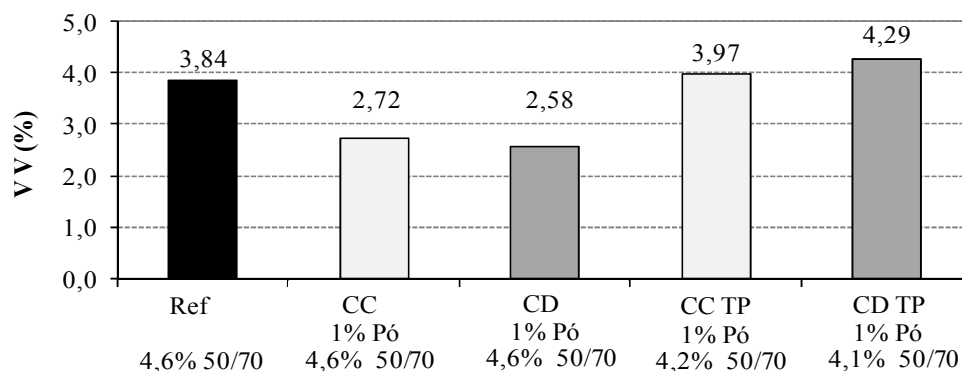
Adicionalmente pretende-se analisar os efeitos da adição de diferentes tipos de cales no envelhecimento por oxidação das misturas asfálticas e de ligantes asfálticos através dos ensaios UCL® e RTFOT, respectivamente.

### 4. RESULTADOS PRELIMINARES

A seguir serão apresentados resultados preliminares desta pesquisa tais como: verificação da influência da incorporação de cal nas misturas de CA através de dosagem Marshall e resultados de Mr e Rt. Todos os resultados dizem respeito a misturas com ligante convencional CAP 50/70 e incorporação de cal calcítica e cal dolomítica.

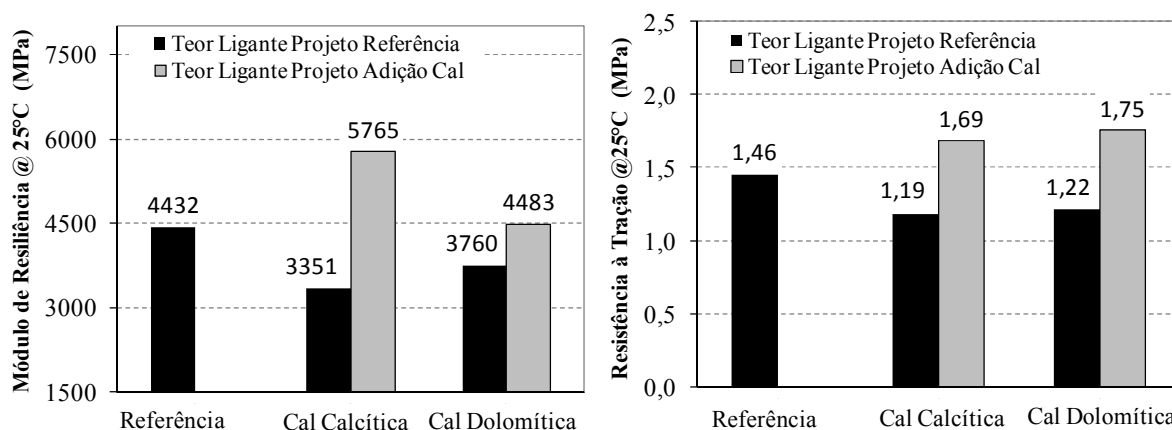
Para analisar os efeitos da incorporação de cal hidratada nas misturas de CA iniciou-se com a uma simples substituição de 1,0% do pó-de-pedra da composição granulométrica, pela mesma quantidade de cal (mantendo o teor de ligante inalterado em relação à mistura de Referência). Constatou-se assim uma significativa diminuição do volume de vazios (Figura 1), ficando fora das especificações para misturas convencionais (entre 3% e 5%).

Através de uma nova dosagem das misturas com incorporação de cal, determinou-se um novo teor de ligante de projeto (TP) (redução de 4,6% para 4,1% com cal dolomítica e 4,2% com cal calcítica), com adequação do volume de vazios preconizada em norma (Figura 1).



**Figura 1:** Variação do volume de vazios (Vv) das misturas com incorporação de Cal Calcítica (CC) e Cal Dolomítica (CD) em relação à mistura de Referência (sem cal)

Nas misturas onde se manteve constante o teor de ligante, a incorporação de cal causou uma redução de RT das misturas da ordem de 17%. Já para as misturas em que foi realizado projeto específico para a composição mineral (com teor de ligante menor do que a mistura de Referência) observou-se um notável aumento na RT, que foi ligeiramente maior para as misturas com cal Dolomítica (19%), para a cal Calcítica este aumento foi da ordem de 15%.



**Figura 2.** Resultados de resistência à tração e módulo de resiliência @ 25°C (MPa)

Nos ensaios de MR observou-se que, para as misturas com simples substituição de pó-de-pedra por cal hidratada, houve uma redução da ordem de 20% para as duas cales. Já para as misturas em que foi realizado projeto específico observou-se um aumento no MR de 30% para cal Calcítica e 1,15% para misturas com utilização de cal Dolomítica.

## 5. CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados até o momento pode-se perceber que a utilização de cal hidratada interfere de forma significativa nos parâmetros de dosagem e propriedades das misturas de CA formuladas com ligante convencional (CAP 50/70). Posteriormente será analisada a influência em misturas formuladas com ligante modificado (FlexPave 60/85).

Por fim, através da análise destes dados preliminares evidencia-se a possibilidade de se produzir misturas com maior módulo através do emprego de cal hidratada, porém, estes resultados dependem significativamente do tipo e da qualidade da cal empregada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hicks, R. G. (1991) Moisture Damage in Asphalt Concrete, NCHRP Synthesis of Highway Practice 175, Washington (District of Columbus, USA): Transportation Research Board.
- Hicks, R. G.; Scholz, T. V. (2003) Life Cycle Costs for Lime in Hot Mix Asphalt, 3 vol., Arlington (Virginia, USA): National Lime Association.
- Kandhal, P. S.; Rickards, I. J. (2001) "Premature failure of asphalt overlays from stripping: Case histories", J. Association Asphalt Paving Technologists 70, pp.301-349.
- Sebaaly, P. E. (2007) Comparison of Lime and Liquid Additives on the Moisture Damage of Hot Mix Asphalt Mixtures. Arlington (Virginia, USA): National Lime Association.
- Little, D. N.; Epps, J. A.; Sebaaly, P. E. (2006) The benefits of hydrated lime in hot mix asphalt. Report for National Lime Association 80p.