

## **ESTUDO DE TESTE DA RESISTÊNCIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO EMPREGANDO LIGANTE TIPO ASFALTO-BORRACHA PELO PROCESSO ÚMIDO**

JESSICA WANDERLEY SOUZA DO NASCIMENTO<sup>1</sup>, ALLEFY TELLES SAMPAIO<sup>2</sup>, RUTH ROCHA PAIVA<sup>3</sup> e NADIONARA COSTA MENEZES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduanda em Pavimentação de Estradas e Rodovias, ESP, Manaus-AM, jessica\_souza08@yahoo.com;

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE, telesallefy@gmail;

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Civil, ESTÁCIO, Manaus-AM, ruth.paiva@outlook.com;

<sup>4</sup>Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia, UEA, Manaus-AM, nadionaracosta@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** A vantagem ecológica de promover um destino conveniente para pneus descartados e o aprimoramento técnico que o ligante de asfalto acrescenta, com sua modificação proporcionada pela extração da borracha, são os principais motivadores para seu uso. Sabe-se que uma fusão de asfalto não deve ter uma fração inadequada de aglutinante, pois a falta ou excesso é geralmente a causa dos defeitos que aparecem na superfície do pavimento. Com base nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo contribuir para uma melhor compreensão do uso de resíduos da borracha de pneu como insumo de pavimento na engenharia civil, ajudando a melhorar o desempenho dos revestimentos de asfalto, além de proporcionar um destino ambientalmente apropriado para os pneus em desuso. No laboratório, foram produzidos testes de granulometria e Marshall, que compararam amostras de CAP modificado com borracha e CAP convencional nas porcentagens de 4; 4,5 e 5% e, em seguida, foram analisados os resultados concluindo que a incorporação da borracha traz resultados positivos, como maior flexibilidade e durabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vantagem ecológica, Aprimoramento técnico, Pneus em desuso.

### **TEST STUDY OF THE RESISTANCE OF ASPHALT COATING USING ASPHALT-RUBBER BINDING THROUGH THE WET PROCESS**

**ABSTRACT:** The ecological advantage of promoting a convenient destination for discarded tires and the technical improvement that the asphalt binder adds, with its modification provided by rubber extraction, are the main motivators for its use. It is known that an asphalt melting should not have an inadequate fraction of binder, since the lack or excess is usually the cause of the defects that appear on the pavement surface. Based on this context, the present work aims to contribute to a better understanding of the use of waste tire rubber as a pavement input in civil engineering, helping to improve the performance of asphalt coatings, in addition to providing an environmentally appropriate destination for disused tires. In the laboratory, particle size and Marshall tests were produced, which compared samples of rubber-modified CAP and conventional CAP in the percentages of 4; 4.5 and 5% and then the results were analyzed, concluding that the incorporation of rubber brings positive results, such as greater flexibility and durability.

**KEYWORDS:** Ecological advantage, Technical improvement, Disused tires.

### **INTRODUÇÃO**

Com a predominância do modal de transporte rodoviário no Brasil, aliado a uma manutenção, na maioria das vezes, insuficiente, os pavimentos estão em um estado de condição funcional abaixo do ideal para o tráfego. O Concreto Asfáltico (CA) é uma mistura executada a quente obtida em torres de destilação à vácuo e atmosférica, impermeável à água, viscoso, elástico e pouco reativo. Se

adicionarmos borracha moída de pneus, teremos Asfalto Modificado com Borracha (AMB). O CA é constituído por agregado graduado, material de enchimento, fíler, e, se necessário, melhorador de adesividade. Se adicionarmos Borracha Moída de Pneus, teremos CAUQ, com adição de borracha. O concreto asfáltico com adição de borracha de pneus, também conhecido como asfalto ecológico, pode ser produzido por Via Úmida ou Via Seca (SENÇO, 2007).

O pneu não se decompõe naturalmente, quando são abandonados de forma inadequada servem de local para a procriação de mosquitos e outros vetores de doenças e, representam um risco constante de incêndio que pode proporcionar a contaminação do solo, do lençol freático e do ar com um tipo de fumaça altamente tóxica. Além disso, a disposição em aterros sanitários de forma inapropriada dificulta a sua compactação, o que reduz substancialmente a vida útil desses aterros. E a extração de tal agregado provoca um grande impacto ambiental, além de acarretar uma diminuição da resistência ao cisalhamento interno da mistura asfáltica pela sua forma arredondada (BALBO, 2008).

Considerando-se a importância das soluções sustentáveis para a construção civil com a escolha de materiais mais corretos, este trabalho objetiva apontar as particularidades dos ligantes asfálticos alcançados por meio de experimento no Estado do Amazonas que integram a possibilidade do uso de modificadores como soluções alternativas para melhoria do seu desempenho, pela qual são inseridas à mistura do revestimento propícios de não gerar patologias que acabam promovendo uma ação de baixo desempenho do pavimento, onde o mesmo deve sempre propiciar conforto, segurança e economia para os usuários.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os materiais que foram utilizados nas misturas são: Cimento asfáltico de petróleo (CAP), Pó de borracha de pneus, Concreto asfáltico (CA), Brita e etc (ANP, 2005). Para a preparação do ligante é utilizado equipamentos como: peneiras, panela, balança, fogareiro, termômetro, repartidor e aparelhagem.

O estudo baseia-se em ensaios laboratoriais normatizados com agregados e misturas asfálticas realizados no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Paulista – UNIP, localizado na Avenida Mário Ipiranga Nº 4390 – Parque 10 de novembro, Manaus-AM.

Para a execução do ensaio foram necessárias algumas etapas, como: Coleta e peneiramento da borracha; Determinação e granulometria dos agregados; Incorporação do pó de borracha ao CAP 50/70; Confecção dos corpos de prova e Dosagem de Marshall (ABNT, 2004b).

O primeiro procedimento do estudo, consistiu na utilização da borracha fornecida em lascas onde foi pesada e peneirada. Vale salientar, que foi aproveitado para a incorporação apenas a parte que ficou retida na peneira 10 e na peneira 40, pois quanto menos espessas mais facilmente se incorporam ao CAP. Após o peneiramento foi passado um ímã para retirar as limalhas de ferro que podem estar presentes na borracha, feito isso a borracha estava pronta para ser adicionada ao ligante.

Posteriormente, utilizou-se o peneiramento para a determinação da análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos. Inicialmente preparou-se as amostras através do uso de repartidores, até atingir as quantidades indicadas na tabela de massa mínima, por amostra de ensaio. Essas amostras são pesadas e denominadas de massa úmida, em seguida ficam na estufa a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Após esse tempo, as amostras são retiradas da estufa e esfriadas à temperatura ambiente e, novamente, pesadas, obtendo-se a massa seca. Para o ensaio utilizou-se as peneiras nº 3/4" (19,1 mm), nº 1/2" (12,5 mm), nº 3/8" (9,52 mm), nº 4 (4,76 mm), nº 10 (2,00 mm), nº40 (0,42 mm), nº 80 (0,177 mm) e nº 200 (0,075 mm). As peneiras foram então encaixadas da maior abertura para a menor formando um único conjunto de peneiras, e agitadas manualmente. Foram anotadas as massas de material retido em cada peneira e realizados os cálculos necessários, assim como a construção do gráfico da curva granulométrica.

A partir desses dados, foi feita a composição dos agregados de forma a se enquadrarem na faixa C do DNIT 031/2006, que é a utilizada atualmente para camada de rolamento, sendo está o objeto principal deste estudo.

Sendo satisfatórios os resultados tanto para o asfalto borracha quanto para o asfalto convencional, é definido então o traço a ser utilizado para a fabricação dos corpos de prova. O CAP utilizado foi o 50/70, o mesmo foi recolhido diretamente na usina de asfalto para serem realizados os ensaios. O CAP e o pó de borracha foram pesados em uma balança de precisão, em seguida o ligante foi aquecido até atingir a temperatura de  $170^\circ\text{C}$ , e então foi incluído o pó de borracha na porcentagem

de 15% em relação ao ligante e misturado manualmente em torno de 30 minutos. Verificou-se grande dificuldade em manter a temperatura constante, houve variação entre 160 e 180°C, o processo foi acompanhado por um termômetro de mercúrio, e ao final dos 30 minutos, observou uma mistura homogênea e viscosa.

Foram necessários a confecção de dezoito corpos de prova no total, sendo nove para o asfalto convencional, e nove do asfalto borracha com a porcentagens de CAP de 4; 4,5 e 5%, para cada porcentagem foram feitos três corpos de prova, para se obter um média dos resultados. Cada corpo de prova continha 1250g da mistura composta por brita 0, brita 1, pó de pedra e CAP, que foram calculados, conforme a porcentagem, pesados em uma balança de precisão, e em seguida encaminhados para o fogão industrial, onde foram aquecidos a temperaturas de 160°C para o convencional e 180°C para o asfalto modificado com pó de borracha, os componentes foram misturados até atingirem uma mistura homogênea (Figura 1).

Figura 1. Ligante tipo asfalto-borracha sendo misturado ao agregado.



Após atingir a temperatura ideal e estar homogênea, a mistura é encaminhada para o molde de compactação, onde serão aplicados 75 golpes de cada lado. Após um período de no mínimo 12 horas é feita a desforma dos corpos de prova, e o primeiro procedimento a ser realizado é a pesagem ao ar, em seguida os corpos de prova são pesados submersos.

O próximo procedimento é deixar os corpos de prova em banho-maria por 30 minutos a 60° C, assim que foram retirados do banho-maria os corpos de prova foram imediatamente para a prensa Marshall, onde ocorreu o rompimento e foram anotadas a carga em kgf até o rompimento, obteve-se então a estabilidade lida.

O procedimento Marshall foi desenvolvido por Bruce Marshall (1930), e tem como principal objetivo determinar o teor ótimo de asfalto. Para esse procedimento a compactação é realizada por impacto. Apesar de ter sido bastante utilizado, alguns pesquisadores consideram que esse método está um pouco ultrapassado, porém no Brasil é bastante utilizado por apresentar um menor custo do equipamento para execução. As diretrizes e o procedimento para obtenção de resultados do ensaio Marshall estão contidos na norma DNER-ME 043/95.

A deformação total do corpo de prova expressa em milímetros, define a fluência Marshall. As misturas asfálticas foram confeccionadas com os agregados e com os ligantes asfálticos CAP 50/70, conforme as instruções da dosagem Marshall. Nos ensaios foram definidas características volumétricas dos corpos de prova, estabilidade e fluência pelo ensaio Marshall e resistência à tração. Os resultados estão apresentados a seguir, onde após a leitura dos dados, obtiveram-se os resultados desejados para a comparação entre os dois tipos de asfaltos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O comparativo de vazios entre o asfalto convencional e o asfalto borracha demonstra que o volume de vazios do asfalto borracha nos três casos é superior ao asfalto convencional, isso ocorre pelo motivo da borracha utilizada expandir-se, formando uma mistura porosa, mas que não perde a resistência, trazendo benefícios para os carros que trafegam em dias de chuva (Figura 2).

Figura 2. Comparativo de vazios entre os tipos de asfaltos analisados nas porcentagens de 4; 4,5 e 5%.

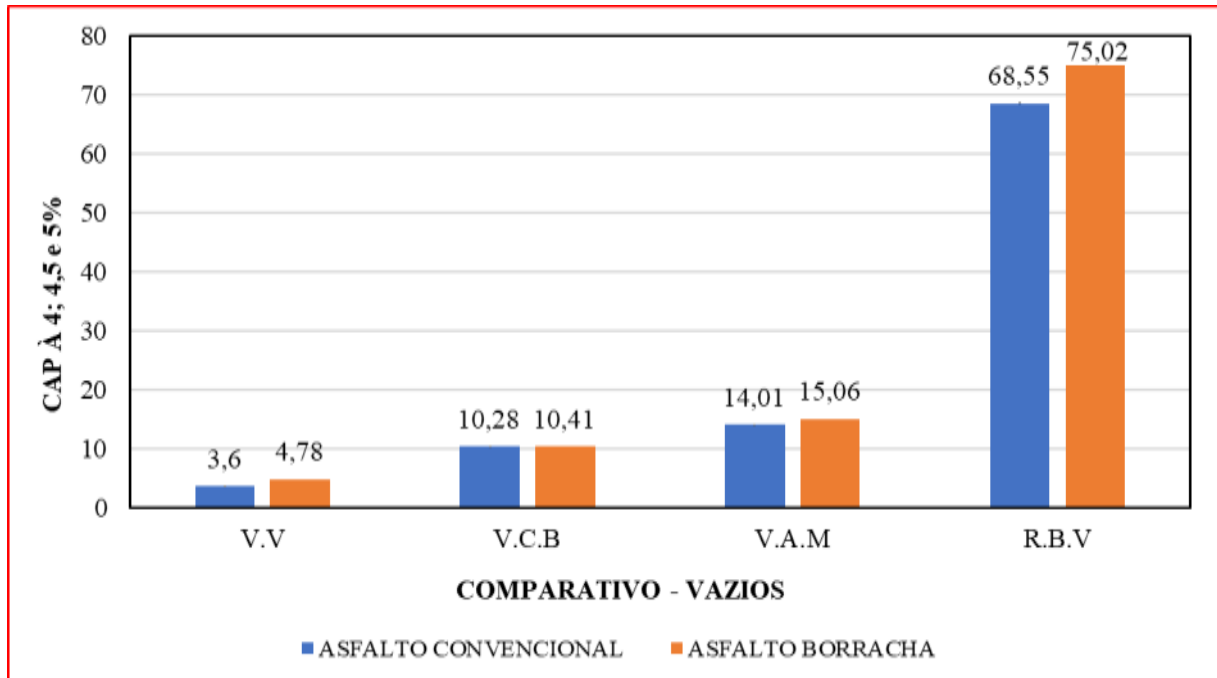
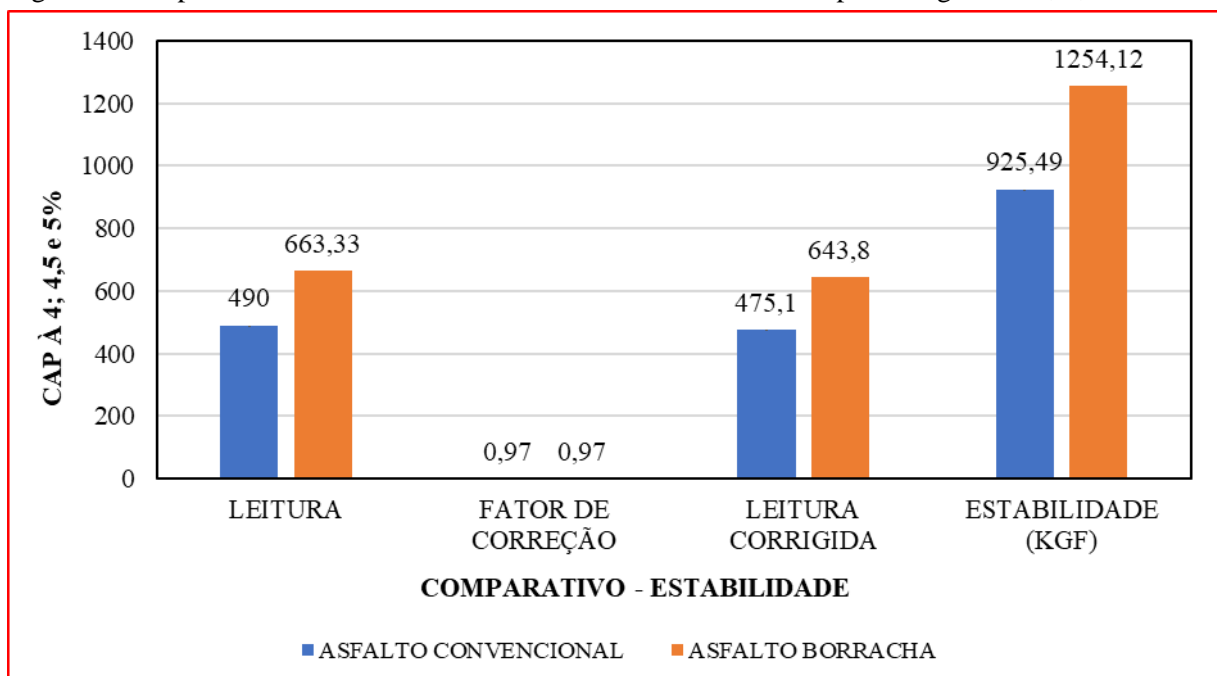


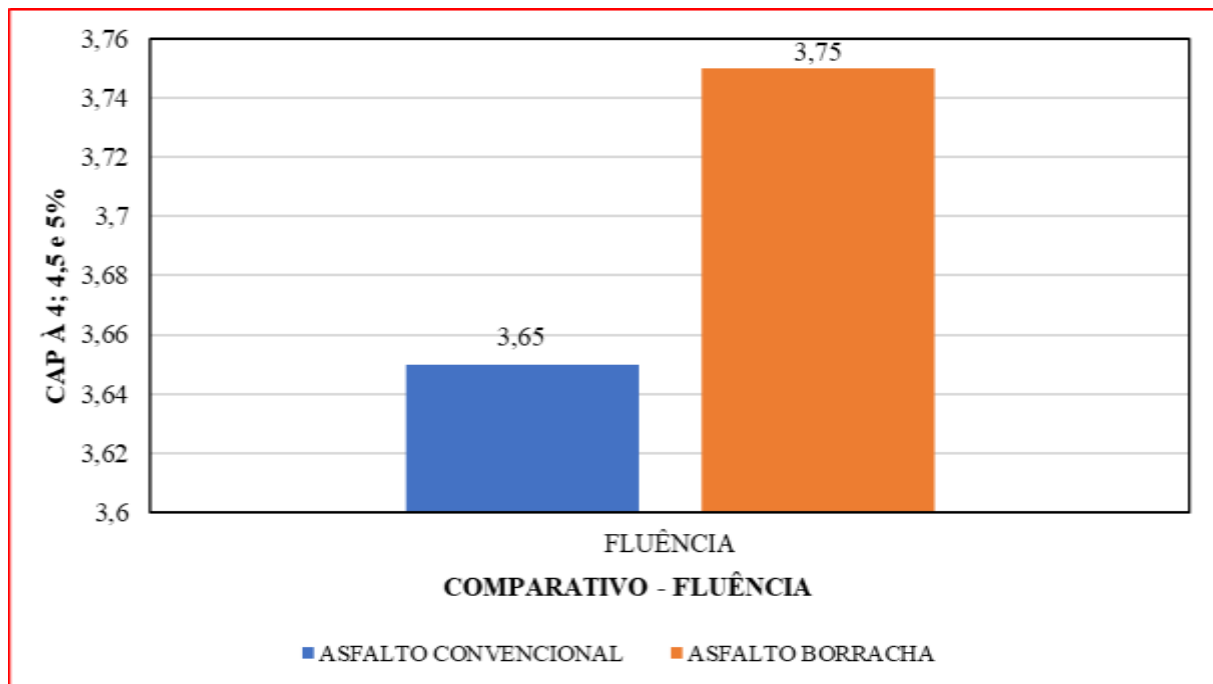
Figura 3. Comparativo de estabilidade entre os asfaltos analisados nas porcentagens de 4; 4,5 e 5%.



No quesito estabilidade (Figura 3), verificou-se no asfalto borracha uma resistência significativamente superior à do asfalto convencional, isso se deve ao fato da borracha possuir características elásticas. Essa característica é importante para aumentar a durabilidade dos pavimentos.

A deformação do asfalto borracha foi maior até seu rompimento (Figura 4), resultado da característica elástica da borracha que gera uma recuperação elástica, fato esse que interfere na diminuição de trincas e trilhos de roda das rodovias.

Figura 4. Comparativo de fluência entre os asfaltos analisados nas porcentagens de 4; 4,5 e 5%.



## CONCLUSÃO

Concluiu-se que os experimentos realizados têm fundamento, e são essenciais para acabar com vários problemas técnicos, econômicos e ambientais. Contextualizou-se além disso, que nos ensaios ficou comprovado uma resistência superior do asfalto borracha, logo que sua resistência à carga até o rompimento foi maior se comparada ao asfalto convencional, outro ponto positivo é seu maior índice de deformação, que contribui para que haja menos trilhas de roda e trincas no asfalto, aumentando a durabilidade e a qualidade das vias rodoviárias brasileiras, onde a cada ano recebe maior número de veículos. Analisados todos os aspectos, pode-se observar que a incorporação da borracha nos asfaltos é uma alternativa viável, que pode trazer muitos benefícios para governos e população em geral.

## REFERÊNCIAS

- ANP. Agência Nacional de Petróleo. Nota Técnica. 2013. Disponível em: <<http://nxt.anp.gov.br>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6560: Materiais betuminosos – determinação do ponto de amolecimento. Rio de Janeiro, 2004.
- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: matérias, projetos e restauração. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.
- BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS, ABEDA, 2006.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias. Manual de pavimentação. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- EPPS, J. A. Uses of recycled rubber tires in highways. National cooperative highway research program. Synthesis of highway practice, Transportation Research Board. Washington, 2004.
- MARTINS, C. C. Construção e conservação de estradas rurais e florestais. Viçosa: UFV, 2004.
- SENÇO, W. Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários. 1ª Ed. São Paulo: Pini, 2007.