

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA DE MUNICÍPIOS DO SERTÃO PERNAMBUCANO

FEASIBILITY OF IMPLANTING RUBBER ASPHALT IN THE ROAD PAVEMENT OF MUNICIPALITIES IN THE SERTÃO PERNAMBUCANO

Marília Eduarda Alcântara Oliveira¹, Raliny Mota de Souza Farias¹

¹Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

Resumo

A pavimentação de rodovias a partir da reutilização de pneus descartados se torna cada vez mais comum na produção da massa asfáltica, que por sua vez trata-se de um composto obtido a partir da adição de borracha ao ligante asfáltico, capaz de proporcionar um aumento da flexibilidade, tornando a mistura mais resistente ao envelhecimento e ao aparecimento de deformações. Segundo a literatura, quando comparado ao processo convencional, a pavimentação com o asfalto acrescido de borracha pode apresentar além dos benefícios citados, uma maior durabilidade, trafegabilidade, segurança e diminuição nos custos de manutenção. Nesse sentido, a aplicação de uma pavimentação sustentável pode aumentar a qualidade e até refletir em uma redução nas despesas operacionais das vias e rodovias, resultando em influência positiva no setor de infraestrutura de uma região. Esse estudo visou destacar como a reutilização de pneus na produção de massa asfáltica pode se tornar cada vez mais comum na pavimentação, proporcionando uma melhor aderência e evidenciando ainda aspectos que pudessem possibilitar a sua aplicação em municípios do sertão de Pernambuco. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica documental com característica investigativa exploratória para estudar como o asfalto borracha aplicado na pavimentação pode proporcionar melhorias no sistema rodoviário de municípios da região. Após ampla análise, obteve-se um aprofundamento dos conceitos em relação ao tema abordado, alcançando como resultado a ampliação do conhecimento das características locais, possibilitando como alternativa às práticas atuais a inserção de material sustentável ao pavimento, capaz de solucionar a problemática do descarte inadequado de pneus por meio de técnicas economicamente viáveis, embora mais onerosas que a convencional para análise a curto prazo.

Palavras-chave: Asfalto modificado. Descarte de pneus. Pavimento flexível convencional.

Abstract

The paving of highways from the reuse of discarded tires is becoming increasingly common in the production of asphalt mix, which in turn is a compound added from the addition of rubber to the asphalt binder, capable of generating an increase in flexibility, making the mixture more resistant to aging and the appearance of deformations. According to the literature, when compared to the conventional process of paving with asphalt plus rubber, it can present, in addition to the benefits mentioned, greater durability, trafficability, safety and reduction in maintenance costs. In this sense, the application of sustainable paving can increase quality and even reflect a reduction in operating expenses for roads and highways, causing a positive influence on the infrastructure sector of a region. This study aimed to highlight how the reuse of tires in the production of asphalt mix can become increasingly common in paving, providing better adhesion and flexibility to the binder, also highlighting aspects that could enable its application in municipalities in the backlands of Pernambuco. To this end, a documentary bibliographic research with an exploratory investigative characteristic was carried out to study how rubber asphalt applied to paving can improve the road system of municipalities in the region. After extensive analysis, a deepening of the concepts in relation to the topic addressed was obtained, resulting in the expansion of knowledge of local characteristics, making it possible as an alternative as current practices to insert sustainable material into the pavement, capable of solving the problem of obsolete tire disposal through economically viable techniques, although more expensive than the conventional.

Key words: Modified asphalt. Tire disposal. Conventional flexible floor.

Introdução

O desenvolvimento social desde o surgimento da civilização foi baseado na necessidade de expandir e explorar os diferentes territórios, desta maneira, a crescente demanda por pavimentação nas rodovias levou a sociedade a buscar técnicas seguras de deslocamento e inovar com práticas sustentáveis que minimizem os problemas enfrentados nas rodovias, especificamente as brasileiras.

A pavimentação de rodovias a partir da reutilização de pneus descartados se torna cada vez mais comum na construção civil e na produção de massa asfáltica. A massa asfáltica é um composto obtido a partir da adição de borracha ao ligante asfáltico que proporciona um aumento da flexibilidade, tornando a mistura mais resistente ao envelhecimento e ao aparecimento de deformações (BALBO, 2007). Quando comparado ao processo convencional a pavimentação com uso do asfalto borracha pode possibilitar um aumento da durabilidade, ou até proporcionar maior trafegabilidade, segurança e menor custo de manutenção.

“Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos, (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida (BALBO, 2007).”

Segundo a definição descrita, a pavimentação deve oferecer uma rodovia confortável e segura, capaz de suportar o desgaste da ação do tráfego associando as condições climáticas, a um baixo custo.

Nesse sentido, a aplicação de uma pavimentação sustentável pode refletir em uma redução nos custos operacionais das vias e rodovias, uma vez que o asfalto modificado de borracha, com uso de pneus descartados, pode apresentar, de acordo com a literatura, uma maior resistência e menor custo de manutenção que o asfalto comum, além de contribuir com as práticas de sustentabilidade do planeta.

O asfalto-borracha é um revestimento de pavimento fabricado a partir da mistura de pó de pneu moído e cimento asfáltico de petróleo (CAP). Essa composição do ligante asfáltico proporciona uma série de ganhos em termos estruturais para a mistura, tais como: “menor suscetibilidade térmica, maior resistência a deformação permanente, maior resistência ao trincamento, maior espessura de revestimentos drenantes, e até menor envelhecimento por oxidação” (MORILHA JR. & GRECA, 2003).

Os materiais utilizados nas misturas para a fabricação do asfalto-borracha devem ser borracha de pneus descartados moídos e cimento asfáltico de petróleo, sendo a borracha utilizada no ligante proveniente principalmente de pneus de automóveis (ODA & FERNANDES JUNIOR, 2001).

Ampliar os estudos nessa área é relevante à medida que visa destacar como a reutilização de pneus na produção de massa asfáltica, pode se tornar cada vez mais comum na pavimentação proporcionando uma melhor aderência e flexibilidade ao ligante, evidenciando ainda aspectos que possibilitarão a aplicação do mesmo em municípios do sertão de Pernambuco.

Além dos requisitos já citados a respeito da pavimentação de vias com asfalto borracha, segundo o anuário (CNT, 2017), em um país cujo modal de transporte é o rodoviário como o Brasil, que transporta 60% de sua carga e 90% de seus passageiros por estradas, a melhoria, o desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema viário é urgente não apenas para quem exerce atividade do transporte, mas para todos os setores da economia, da indústria e da construção civil.

Portanto, o presente trabalho teve o objetivo estudar como o asfalto borracha aplicado na pavimentação pode proporcionar melhorias no sistema rodoviário de municípios do sertão

pernambucano. Para alcançar esse conhecimento fez-se necessário o uso de pesquisas bibliográficas documentais, que aprofundaram os conceitos em relação ao tema abordado através de uma avaliação do cenário atual das rodovias pavimentadas em alguns municípios pertencentes ao sertão pernambucano e do diagnóstico do descarte inadequado de pneus na região, além do seu direcionamento para reciclagem e reutilização.

Por fim, foram ainda realizadas análises de como a implementação das técnicas de pavimentação, com uso do asfalto borracha, podem favorecer o tráfego nas rodovias do sertão e influenciar a economia local, devido à possibilidade de redução dos custos aplicados no setor rodoviário da região, com a reutilização de pneus na produção do pavimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

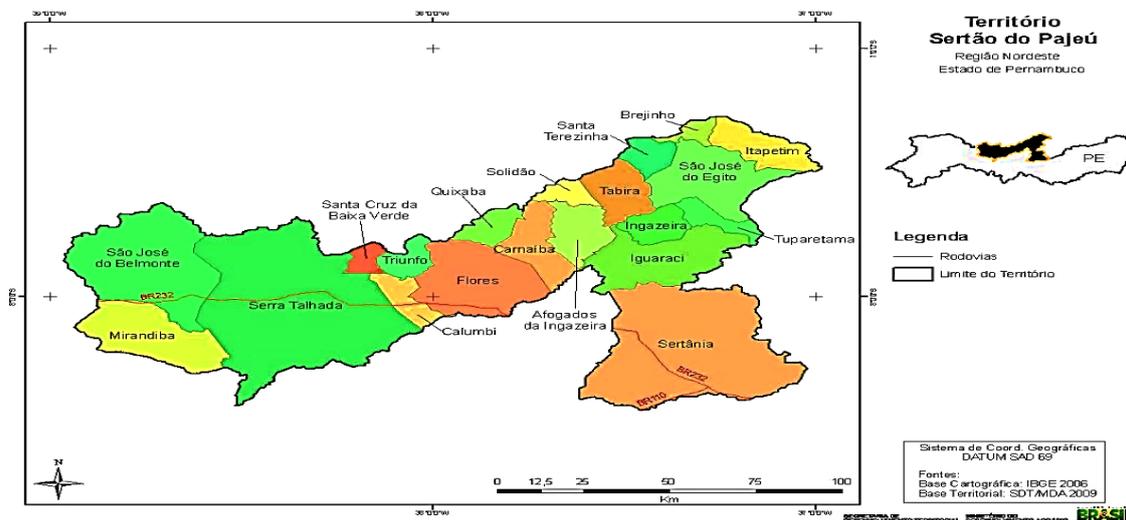
A metodologia aplicada consistiu em pesquisa bibliográfica descritiva/documental através da análise das técnicas existentes e no aprofundamento dos conhecimentos sobre a viabilidade de implantação do pneu reciclado na pavimentação rodoviária de municípios do sertão pernambucano.

Sobre o cenário atual das rodovias a pesquisa considerou para o desenvolvimento do estudo os municípios do sertão de Pernambuco, que ao todo conta com 184 municípios, e uma malha rodoviária de aproximadamente 42 mil km de extensão. Onde, cerca de 6 mil km de estradas são pavimentadas, conforme dados da Confederação Nacional de Transportes – CNT (2017).

Dentre os municípios que compõem o sertão pernambucano, 20 são do sertão do Pajeú e para essa pesquisa foram analisados dados de 4 municípios, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Serra Talhada e Tabira, por onde uma das principais vias do estado, a PE-320, localizada na região nordeste de Pernambuco e que apresenta uma extensão de aproximadamente 130,30 km. A escolha dos municípios fez-se com base em critérios de desenvolvimento e renda, visto que esses apresentaram os melhores índices de acesso, recursos e serviços socioeconômicos.

Na Figura 1 observa-se o território do Sertão do Pajeú dentro do Estado de Pernambuco.

Figura 1 - Sertão do Pajeú dentro do Estado de Pernambuco.



Fonte: SDT/ MDA (2009).

Os dados referentes as rodovias do sertão pernambucano foram obtidos através de estatísticas da Confederação Nacional do Transporte (CNT). Tal escolha, também foi realizada devido as condições de acesso aos dados e informações, além da proximidade com o local de estudo.

Em virtude das crescentes preocupações econômicas e ambientais, tem-se indagado acerca da destinação ou deposição de pneus que acabam indo para locais inapropriados no sertão pernambucano. Para o desenvolvimento do diagnóstico desse tipo de descarte foram

realizadas pesquisas documentais em dados do sistema de coleta urbana dos municípios, que é executado porta a porta com a responsabilidade das prefeituras dos municípios, utilizando caminhões compactadores de lixo para coleta.

Sobre esses aspectos é importante destacar que grande parte desses resíduos acabam indo parar em lixões, por não conter aterros sanitários nas proximidades, favorecendo a proliferação dos mosquitos causadores de doenças arbovirose (Dengue, Zika e Chikungunya), o que indica a necessidade de análise do volume de pneus descartados a céu aberto, nos municípios em estudo.

Para se estimar a quantidade de pneus descartados existentes no Sertão de Pernambuco e as condições de descarte desses resíduos apresentados pelos municípios em estudo, foi realizado um levantamento através da BDE (Base de dados do Estado) no ano 2019, onde se descobriu a quantidade de veículos existentes em cada cidade estudada. Em seguida buscou-se conhecer quantidade de pneus descartados por ano no Brasil, assim foi possível estimar o quantitativo aproximado de pneus inservíveis existentes nos municípios de Afogados Ingazeira, Carnaíba, Serra Talhada e Tabira.

No Brasil o cimento asfáltico de petróleo - CAP são classificados pela viscosidade (ABNT/NBR 5847/2015) que é propriedade que determina a resistência oferecida quando o escoamento de um determinado volume de asfalto passa através de um tubo capilar, e por penetração (ABNT/NBR-6576/2007), que é a medida por meio de distância (décimo de milímetro) que agulha padronizada penetra em uma amostra, em condições determinadas de ensaio como: intervalo de tempo, temperatura e carga aplicada.

Dentre os ensaios frequentemente empregados para obtenção dos asfaltos flexíveis realizar os seguintes: ponto de fulgor (ABNT/BR-11341/2008, DNER-ME 148/94); viscosidade absoluta a 60°C (ABNT/NBR 5847/2015); viscosidade saybolt – Forol (DNER-ME 004/94); Ponto de amolecimento para materiais betuminosos (ABNT/NBR-6560/2008); penetração de materiais betuminosos (ABNT/NBR-6576/2007, DNER-ME 003/99); Ductilidade (ABNT/NBR-6293/84, DNER-ME 163/98), já para a obtenção do Asfalto-Borracha, podem ser realizados Ensaio de Penetração, conforme a norma técnica ABNT NBR 6576/2007; Ensaio de Viscosidade aplicado ao Asfalto Borracha, de acordo com a norma técnica NBR 15529/2007; Ensaio do ponto de fulgor mínimo, também conforme a norma técnica ABNT NBR 11341/2015; Ensaio do ponto de amolecimento, comumente conhecido como método do anel e bola; conforme a norma técnica ABNT NBR 6560/2008; Ensaio da viscosidade rotacional, normatizado pelas normas ASTM D 4402/2006 e ABNT NBR 15184/2004.

Para a análise econômica dos custos no setor rodoviário foram avaliados estudos nacionais em que houve aplicação do pneu reciclado como matéria prima na dosagem do pavimento flexível. A partir desses estudos, realizou-se análises comparativas dos dados financeiros e sua influência nos gastos.

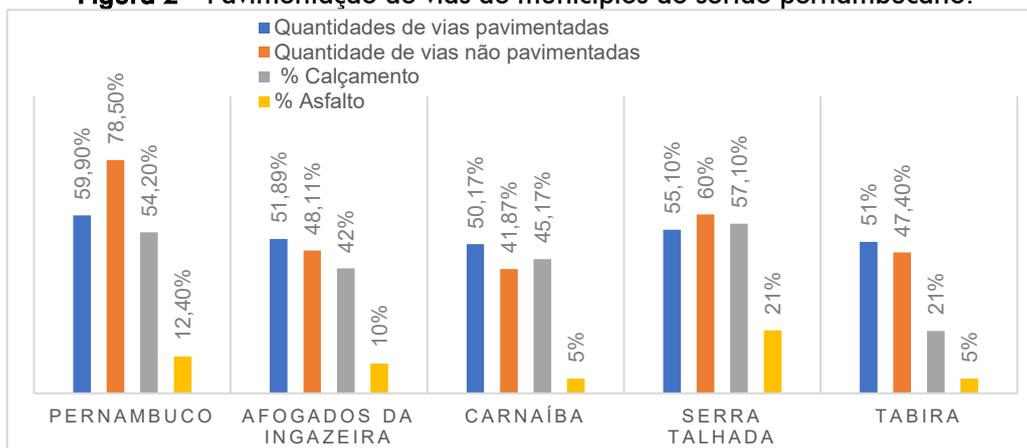
Posteriormente, de posse das análises locais, dimensionou-se uma estimativa do potencial de redução de custos nos municípios estudados (Afogados da Ingazeira-PE, Carnaíba-PE, Serra Talhada-PE e Tabira-PE) com a implementação da prática sustentável na produção do asfalto.

Resultados e Discussão

Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Serra Talhada e Tabira são municípios Pernambucanos localizados no Sertão do estado que apresentam notórios e impactantes problemas de infraestrutura e pavimentação de ruas e avenidas. Conforme dados levantados nas prefeituras esses municípios ainda possuem um elevado número de vias cujo pavimento pode vir a ser executado.

Ao mapear os números apresentados foi possível estimar uma comparação sobre a infraestrutura de pavimentação desses municípios tomando por base dados referentes ao estado de Pernambuco, conforme Figura 2 apresentada abaixo.

Figura 2 - Pavimentação de vias de municípios do sertão pernambucano.



Fonte: Dados fornecidos pelas secretarias de infraestrutura das prefeituras (2020).

Na análise da quantidade de pavimentação de vias, encontrou-se uma correlação regular entre os municípios e o estado. Para os municípios da área de análise a correlação significativa é entre a taxa de vias não pavimentadas e asfaltadas, uma vez que mesmo o custo do pavimento asfáltico sendo mais elevado do que o convencional ratificando as literaturas pesquisadas, esse torna-se mais viável por ser mais resistente a deformações mecânicas e proporciona maior conforto na fluidez do tráfego.

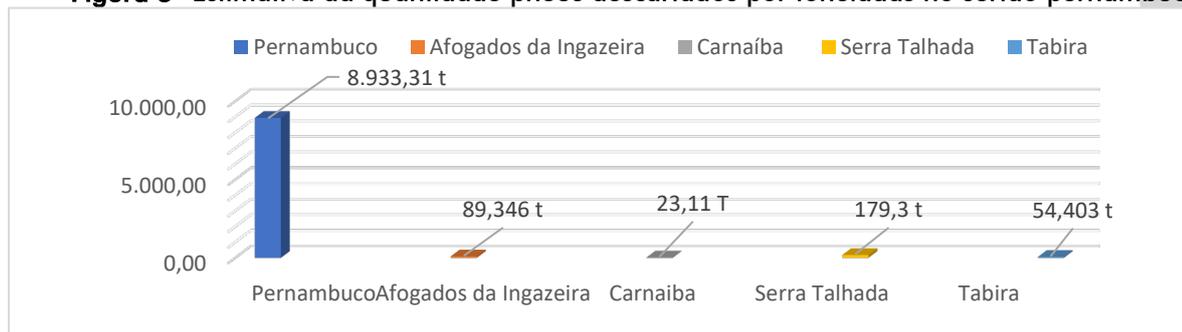
Especialmente nos casos dos municípios analisados é visível a diferença entre a porcentagem de vias pavimentadas e não pavimentadas. A taxa de pavimentação dessas cidades do sertão pernambucano é de praticamente 50%, enquanto que a média de vias asfaltadas do estado é de 12,40%. É importante ressaltar que foram avaliados municípios de destaque em desenvolvimento rodoviário na região, o que significa que em áreas mais remotas tal índice se aproxime ou seja ainda inferior à média identificada no estado.

Em decorrência desse estudo há que se considerar a viabilidade de implementação de pneus descartados inadequadamente na região estudada, uma vez que a vida útil estimada do pavimento asfáltico utilizado na região começa a apresentar problemas estruturais muito cedo.

A massiva fabricação de pneus e as dificuldades para fazê-los desaparecer uma vez usados e desgastados, constituem um dos mais graves problemas do meio ambiente dos últimos anos em todo mundo. Um pneu precisa de grandes quantidades de energia para ser fabricado, cerca de meio barril de petróleo cru para fabricar um pneu de caminhão (CAWELL, 2005) e também provoca, se não é convenientemente reciclado, contaminação ambiental ao fazer parte, geralmente, de depósitos sem controle.

Para a sociedade propor um melhor gerenciamento possível destes resíduos, usa-se com frequência a queima direta que provoca graves problemas ao meio ambiente, já que provocam problemas de estabilidade pela degradação química parcial que estes pneus descartados sofrem e também produzem problemas de segurança nos depósitos de resíduo. Na Figura 3 observa-se a quantidade de pneus descartados em toneladas por ano em Pernambuco e nos municípios estudados.

Figura 3- Estimativa da quantidade pneus descartados por toneladas no sertão pernambucano.



Fonte: AUTOR (2020).

Podem ser utilizados diversos métodos para a recuperação de pneus descartados e a destruição de seus componentes perigosos, como converter os pneus usados em fonte de utilização para novas técnicas de massa asfáltica aplicadas em estradas, ruas ou avenidas.

A característica física de uma das principais vias da região a PE-320 apresenta atualmente buracos, desníveis em cruzamento, fissuras, além de trincas que representam um risco potencial aos condutores que trafegam por ela. Segundo Bernucci et al. (2008), a condição da infraestrutura das vias tem relação direta com a segurança. Entre os riscos que essas vias apresentam, evidencia-se o de acidentes envolvendo vítimas fatais, que representa 4,2% das mortes por acidentes em Pernambuco conforme dados do anuário CNT do transporte em 2017.

Com relação às metodologias que foram utilizadas para a pavimentação da PE-320, estas demonstram-se ultrapassadas quando comparadas aos métodos de construção e reparação de vias em outros estados. Também se verificou que há pouco investimento no gerenciamento, na fiscalização e na manutenção da estrada.

Ao analisar a execução das obras de pavimentação no trecho Afogados da Ingazeira /PE-320 (acesso a Tabira), com extensão 0,76Km e no trecho Afogados da Ingazeira / PE-320 (acesso a Carnaíba), com extensão 1,72Km cujo valor estimado de obra foi de R\$ 281.363,87, é perceptível destacar que o custo de implementação do asfalto convencional apresenta reduzido custo de implantação quando comparado à aplicação do asfalto borracha, que seria de R\$ 383.263,92. Com a comparação dos dois métodos de pavimentação comum e modificado, foi possível evidenciar que os custos dos projetos não seriam os mesmos, uma vez que o custo de execução das obras de pavimentação com asfalto borracha é de aproximadamente 20% maior que o asfalto convencional, conforme Figura 4 abaixo:

Figura 4- Custo Execução.



Fonte: Dados obtidos nas secretarias de infraestrutura das prefeituras (2020).

A análise desses dados representa a margem de gastos de implementação de técnicas de pavimentação com uso do asfalto borracha nesses municípios, e fica evidenciado que o recapeamento dos trechos citados em concreto asfáltico com ligante modificado de borracha teria valores muito superiores ao recapeamento com asfalto convencional, apesar de segundo os ensaios dos autores da literatura pesquisada representar ganho estrutural, mas aderência e qualidade. Conforme a Tabela 01 abaixo.

Além do asfalto borracha ser ecologicamente correto para o meio ambiente, possui maior resistência à deformação, a afundamentos e trincamentos, tem a maior aderência, o maior tempo da vida, a melhor drenagem, e, ainda, possui o menor custo final de manutenção, diferente do asfalto convencional, que possui problemas referentes à trincamentos, afundamentos, deformações, assim como possui um valor muito alto de manutenção. Avaliando isso, nota-se que a melhor alternativa seria a adesão ao asfalto-borracha (VELOSO, 2015).

Segundo Crispim et al. (2012), na mistura do pó de pneu ao material ligante, observou-se que, mesmo utilizando técnicas simples para a incorporação do material, houve melhorias nas propriedades do ligante, podendo destacar a mistura com 18% de borracha que aumentou o ponto de amolecimento de 49,7°C para 66,5°C e atingiu um retorno elástico de 81%.

Tabela 1 - Comparação de ensaios. Fonte: CRISPIM, *et al.* (2012) / MASSON, *et al.* (2017)

	MASSON, et al. (2017)		CRISPIM, et al. (2012)	
	Asfalto comum	Asfalto modificado	Asfalto comum	Asfalto modificado
Ponto de Fulgor	300 (°c)	290(°c)	235(°c)	235(°c)
Viscosidade	1627±50 (cp)	1610±1 56 (cp)	-	-
Ponto de amolecimento	48±0 (°c)	58,2±0,2 (°c)	49,7(°c)	66,5(°c)
Penetração	50 (mm)	43±2 (mm)	12(%)	18(%)

Ao longo do estudo foi possível verificar que o custo de implementação do asfalto convencional é mais barato do que o asfalto-borracha, uma vez que a manutenção na região estudada se daria de forma diferente para ambas as formas de pavimentação.

O recapeamento com asfalto-borracha também elevaria os investimentos, mas proporcionaria ao pavimento melhor condição estrutural, principalmente se for levado em conta que o emprego de ligante asfáltico modificado por borracha de pneus em misturas asfálticas mostra-se como uma técnica promissora, e os benefícios econômicos obtidos poderiam acontecer a longo prazo.

A quantificação da vida útil de um recapeamento em asfalto-borracha e a inevitável comparação com a vida útil em um recapeamento em asfalto convencional na PE- 320 mostrará que o recapeamento em asfalto convencional, quando exposto aos mesmos ciclos de cargas e diferentes temperaturas médias, apresentará primeiro reflexão de trincas, uma vez que o grau de trincamento da pista com asfalto-borracha é muito inferior ao grau de trincamento da pista convencional (MORILHA JR. & GRECA, 2003).

Em virtude do seu alto custo inicial, o asfalto Borracha ainda não é um pavimento utilizado na região estudada mesmo que na literatura apresente características superiores para esse material, assim, torna-se necessário reinventar e procurar soluções técnicas viáveis para modelos de pavimentação de alta performance e resistência.

Considerações Finais

Face às questões discutidas neste artigo, algumas considerações puderam ser analisadas visto que os resultados obtidos nesse estudo sinalizam que apesar de economicamente mais caro o custo de implantação da pavimentação com asfalto borracha nos municípios do Sertão Pernambucano estudados é viável técnica e ambientalmente por aumentar a qualidade do pavimento e considerar um descarte ambientalmente correto aos pneus.

Como alternativa para melhorar as rodovias dessa região, essa pesquisa dispõe de informações que apresentaram a possibilidade da substituição do asfalto convencional pela adição de um polímero ligante, a borracha de pneus descartado muitas vezes a céu aberto, melhorando possivelmente o desempenho do pavimento na região estudada para obtenção de maior durabilidade e resistência.

Com as análises/discussões e revisões bibliográficas realizadas foi possível observar que a aplicação desta técnica sustentável no sertão pernambucano é possível, e capaz de proporcionar variados benefícios a região, pelo menos se implementada de forma parcial e com benefícios.

Além de se tratar de um processo ecologicamente correto, busca reduzir os impactos ambientais causados pela destinação indevida de pneus, demonstrando que o reaproveitamento destes pode acarretar em melhorias tanto na economia financeira das cidades quanto na estrutura do pavimento.

Frente ao exposto foi possível concluir que a curto prazo seu custo pode ser mais elevado que os asfaltos convencionais, porém, se ganha em resistência e período sem manutenção, evitando problemas estruturais nas camadas de pavimentação.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5847:2015. **Materiais betuminosos- Determinação da viscosidade absoluta.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6293/84: **Materiais betuminosos – determinação da Ductilidade.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6560: **Materiais betuminosos - determinação do ponto de amolecimento - método do anel e bola.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 6p, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-11341: **Produtos de petróleo – determinação do ponto de fulgor e combustão em vaso aberto de Cleveland.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6576: **Materiais betuminosos – determinação da penetração.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 7p, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15184. **Materiais betuminosos: determinação da viscosidade em temperatura elevada usando um viscosímetro rotacional.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15529:2007 - **Asfalto borracha – Propriedades reológicas de materiais não newtonianos por viscosímetro rotacional.** Rio de Janeiro, 2007.

American Society for Testing and Materials. ASTM D 4402/2006, **Método de teste padrão para determinação da viscosidade do asfalto em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional.**

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, Liedi Bariani, **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** 1ª Ed. - Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

CAWELL, Cris. **50 Pequenas coisas que você pode fazer para salvar a Terra.** São Paulo: Best Seller, 2005. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/56615814/50pequenas-Coisas-Para-Salvar-a-Terra>. Acesso em: 02 Novembro 2020.

CRISPIM, F A; Riva, D D R; ROSA, A P G; SANTOS, R A (2012) **Análise comparativa entre asfalto modificado com borracha reciclada de pneus e asfalto modificado com polímeros.** Teoria e Prática na Engenharia Civil. Mato Grosso. Disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N20.pdf. Acesso: 03/12/2020.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Anuário de Pesquisa Rodoviária, 2017.**

DNER-ME 003/99, **Materiais betuminosos - determinação da Ductilidade.** Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ME003-99.pdf. Acesso em: 03 Novembro 2020.

DNER-ME 004/94, designada **Determinação viscosidade saybolt – Forol de materiais betuminosos a alta temperatura**. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner-me004-94.pdf>. Acesso em: 03 Novembro 2020.

DNER-ME 148/94, designada **Determinação dos pontos de fulgor e de combustão (vaso aberto Cleveland)**. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner-me148-94.pdf>. Acesso em: 03 Novembro 2020.

DNER-ME163/98, **Materiais betuminosos - determinação da Ductilidade**. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner-me163-98.pdf>. Acesso em: 03 Novembro 2020.

Governo do Estado de Pernambuco. **BDE. Base de dados do Estado, 2019** Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao_formato2.aspx?codInformacao=824&cod=3. Acesso em: 10 outubro.2020.

MASSON, T J; MIRANDA L F; CUNHA, F M (2017) **Asfalto-Borracha: Incorporação de Pneus no Asfalto**. XVII Safety, Health and Environment World Congress. Vila Real, PORTUGAL. July 09-12, 2017. Disponível em: <http://copec.eu/shewc2017/proc/works/14.pdf>. Acesso: 03/12/2020.

MORILHA JR., A.; GRECA, M. R. **Considerações Relacionadas ao Asfalto Ecológico – Ecoflex**. 68 f. IEP, Apostila sobre Asfalto Borracha, Instituto de Engenharia do Paraná, 2003.

ODA, Sandra; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001. Disponível em: <<http://www.ibict.br/> > Acesso em: 10 outubro.2020.

SDT/MDA.Território Sertão do Pajeú, 2009 Disponível em:
<http://sit.mda.gov.br/images/mapas/tc/tr_082_sertao_pajeu_pe_abr_2009.jpg. Acesso em: 13 outubro.2020.

VELOSO, Z. M. **Ciclo de vida dos Pneus**. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental,2015, Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/Zilda-Maria-Faria-Veloso-Ciclo-Vida-Pneus.pdf>. Acesso em: 23 Novembro 2020.

Recebido: 14/02/2023

Aprovado: 17/03/2023