



**GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS MACEIÓ  
CURSO TÉCNICO EM ESTRADAS**

**DEBORA MIRELI SANTOS DA SILVA  
WAGNER GABRIEL DO NASCIMENTO**

**USO DA BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS NA PAVIMENTAÇÃO  
ASFÁLTICA**

**MACEIÓ/AL  
2023**

**DEBORA MIRELI SANTOS DA SILVA**  
**WAGNER GABRIEL DO NASCIMENTO**

**USO DA BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS NA PAVIMENTAÇÃO  
ASFÁLTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Estradas do Instituto Federal de Alagoas, em parceria com a Universidade Aberta do Brasil, *Campus* Maceió, como requisito parcial para a obtenção do grau de **Técnico em Estradas**.

Orientador: **Prof. Esp. Afrânio Jorge Barbosa Campos**

MACEIÓ/AL

2023





**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
**Campus Maceió**  
**Biblioteca Benevides Monte**

---

S586u Silva, Debora Mirele Santos da.  
Uso da borracha de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica /  
Debora Mireli Santos da Silva, Wagner Gabriel do Nascimento. - Maceió,  
2023.  
24 f. : il.


Orientação: Prof. Esp. Afrânio Jorge Barbosa Campos.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Estradas) - Instituto Federal de  
Alagoas, Campus Maceió. Maceió, 2023.

Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.

1. Pavimentação asfáltica. 2. Borracha de pneus. 3. Camada asfáltica. 4. Manta  
asfáltica. I. Nascimento, Wagner Gabriel do. II. Título.

CDD: 625.8

---

  
Nalva Maria Amaral  
Bibliotecária – CRB-4/989

DEBORA MIRELI SANTOS DA SILVA  
WAGNER GABRIEL DO NASCIMENTO

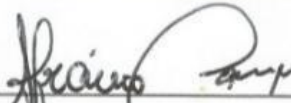
## USO DA BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Técnico em  
Estradas do Instituto Federal de Alagoas,  
em parceria com a Universidade Aberta  
do Brasil, *campus* Maceió, como requisito  
parcial para a obtenção do grau de  
técnico em Estradas.

Aprovada em: 26/05/2023

Conceito Obtido: 8,0 (0,00)

### BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Afânio Jorge Barbosa Campos (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Documento assinado digitalmente

**gov.br**

GREGORY AGUIAR CALDAS BARBOSA

Data: 28/05/2023 12:28:26-0300

Verifique em <https://validar.ifal.gov.br>

Prof. Me. Gregory Aguiar Caldas Barbosa (Coordenador do Curso de Estradas)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Afrânio Jorge Barbosa Campos, da disciplina Planejamento, Orçamento e Medição, lotado no Curso Técnico em Edificações do IFAL Campus Maceió, pela paciência na orientação e incentivo que tornou possível a conclusão desse projeto.

## RESUMO

A utilização da borracha de pneu na pavimentação asfáltica é uma tecnologia comprovada para aumentar a resistência e durabilidade das mantas asfálticas, além de contribuir para a redução do descarte indevido de pneus, reduzindo o impacto ambiental. A borracha de pneu pode ser utilizada em diferentes etapas da produção de asfalto, por exemplo, em mistura com agregados minerais e ligantes asfálticos, ou mesmo em uma camada de revestimento asfáltico modificado com borracha. Estudos demonstraram que a adição de borracha de pneu ao asfalto melhora a resistência à deformação permanente, fadiga, envelhecimento e rachaduras. Além disso, o uso de borracha de pneu na pavimentação asfáltica ajuda a reduzir os custos de manutenção porque a vida útil da camada asfáltica é estendida. A tecnologia também pode ser utilizada em diversos tipos de pavimentos, como rodovias, aeroportos, estacionamentos e vias urbanas.

**Palavras-chave:** borracha de pneu; pavimentação asfáltica; camada asfáltica; pavimentos; manta asfáltica.

## **ABSTRACT**

The use of tire rubber in asphalt paving is a proven technology to increase the resistance and durability of asphalt blankets, in addition to contributing to the reduction of improper disposal of tires, reducing the environmental impact. Tire rubber can be used in different stages of asphalt production, for example, in a mixture with mineral aggregates and asphalt binders, or even in a layer of asphalt overlay modified with rubber. Studies have shown that adding tire rubber to asphalt improves resistance to permanent deformation, fatigue, aging and cracking. Furthermore, the use of tire rubber in asphalt paving helps to reduce maintenance costs because the useful life of the asphalt layer is extended. The technology can also be used on different types of pavement, such as highways, airports, parking lots and urban roads.

Keywords: tire rubber; asphalt paving; asphalt layer; floors; asphalt blanket.

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - (ALPARSLAN; HAYTA, 2002; GALINDO, 2012; GRAÇA; CARDOSO; CAVALCANTE, 2016; RIBEIRO, 2018).

FIGURA 2 - Custo de execução- Avaliação da viabilidade Financeira de Projetos com utilização do asfalto-Borracha em relação ao Asfalto Convencional

FIGURA 3 - Custo de Manutenção- Avaliação da viabilidade Financeira com utilização do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional

FIGURA 4 - TEXACO 2023, RECICLAGEM DE PNEUS.

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AMB: Asfalto Modificado por Borracha.

CAP: cimentos asfálticos de petróleo

DAER/UFRGS: Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

(CAP×SBS): CAP modificado com polímero SBS.

(CAP×pneu): Pneu e borracha de petróleo.

## SUMÁRIO

1	<u>INTRODUÇÃO.....</u>	<u>10</u>
1.1	<u>OBJETIVOS.....</u>	<u>11</u>
1.1.1	<u>OBJETIVO GERAL.....</u>	<u>11</u>
1.1.2	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</u>	<u>12</u>
2	<u>DESENVOLVIMENTO.....</u>	<u>14</u>
2.1	<u>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</u>	<u>14</u>
2.1.1	<u>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA- A.....</u>	<u>14</u>
2.1.2	<u>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - B.....</u>	<u>16</u>
2.1.3	<u>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - C.....</u>	<u>19</u>
3	<u>CONCLUSÃO.....</u>	<u>21</u>
	<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>22</u>

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por uma melhor qualidade de vida levou a sociedade a explorar, de uma forma descontrolada, o planeta nas últimas décadas. Isto está resultando em uma rápida redução dos recursos naturais, levando a sociedade a procurar novas alternativas sustentáveis. No campo da tecnologia de pavimentação por asfalto, a incorporação de materiais reciclados nos pavimento, com a substituição de matérias-primas virgens, é percebida como uma oportunidade de poupar recursos naturais e evitar os impactos associados à extração e transporte desses materiais (cf. CHIU; HSU; YANG; 2008).

Segundo a associação Nacional da Indústria de Pneumáticos- ANIP (2016) foram produzidos 67.870.350 novos pneus no Brasil, e em torno de 35 milhões foram descartados. Nos primeiros quatro meses de 2017 foram registrados uma alta no índice de produção, em torno de 1,8%, impulsionada principalmente por pneus agrícolas (33,6%) e caminhonetes (12,2%) (MOREIRA et al.,2014)

O benefício da pavimentação asfáltica com a borracha retirada dos pneus é superior quando comparado à pavimentação convencional retirada do petróleo e isso têm motivado empresas nacionais e concessionárias de rodovias privadas a utilizar os asfaltos a partir da reciclagem dos pneus descartados. A Manutenção do pavimento do pavimento asfáltico feita com a borracha dos pneus é menor, pois a sua durabilidade e qualidade é superior ao convencional (FACCIO, 2017).

Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB<sup>1</sup> no Brasil, que ocorreu em 17 de agosto, no km 319 da BR 116, rodovia sob concessão da Univas. O trecho escolhido fica em Guaíba e Camaquã, no Rio Grande do Sul (GRECA ASFALTOS, 2011).

O método vem sendo empregado há algumas décadas no exterior, principalmente nos E.U.A. Em 1999 começam os estudos e pesquisas sobre o asfalto modificado por borracha (AMB) no Brasil. Os estudos tinham como foco a utilização da borracha como meio de aprimorar e melhorar as qualidades do asfalto comum. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB – Asfalto Modificado por Borracha no Brasil. (GRECA ASFALTOS, 2011).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo deste estudo é investigar o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, avaliando os benefícios e desafios associados a essa prática sustentável. Além disso, busca-se analisar a viabilidade técnica e econômica dessa alternativa, a fim de fornecer informações relevantes para tomadores de decisão, como órgãos governamentais e empresas de construção civil, visando à implementação eficiente do uso de pneus inservíveis na construção e manutenção de vias. Santos, J. M., et al. (2020)

O objetivo deste estudo é analisar o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, investigando os benefícios e desafios associados a essa prática sustentável. Além disso, busca-se fornecer informações relevantes aos envolvidos na tomada de decisões, como órgãos governamentais, empresas de construção civil e profissionais da área, a fim de promover a adoção e implementação eficiente dessa alternativa na construção e manutenção de rodovias e vias urbanas. Sousa et al. (2020),

O uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica apresenta uma solução inovadora e ecologicamente correta para o tratamento de resíduos sólidos. A incorporação desses pneus descartados como parte do material utilizado na pavimentação de estradas permite minimizar o impacto negativo no meio ambiente, além de aproveitar suas propriedades vantajosas, como durabilidade e capacidade de absorção de choques. Silva et al. (2019),

A pavimentação asfáltica com pneus inservíveis oferece benefícios econômicos e técnicos. Ao utilizar pneus triturados no processo de mistura do asfalto, é possível obter uma pavimentação mais resiliente e resistente a deformações, aumentando a vida útil das estradas e reduzindo a necessidade de reparos frequentes. Isso resulta em economia de recursos financeiros e menor impacto nas atividades de manutenção e recapeamento das vias. Amorim et al. (2018).

A adoção do uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica requer considerações importantes. É necessário avaliar a disponibilidade de pneus inservíveis em quantidade suficiente e a capacidade das usinas de asfalto em realizar a incorporação desse material. Além disso, é fundamental garantir que o processo de trituração dos pneus seja realizado de forma segura e em conformidade com as regulamentações ambientais, a fim de evitar a liberação de substâncias prejudiciais no meio ambiente. Oliveira et al. (2021).

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Existem vários objetivos específicos para o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, incluindo:

1. **INVESTIGAR** os impactos ambientais do descarte inadequado de pneus inservíveis e a relevância do seu uso na pavimentação asfáltica como alternativa sustentável. (Referência: Silva, F. M., et al. (2019). Environmental Assessment of Asphalt Pavements Incorporating Waste Tires. *Journal of Cleaner Production*, 226, 417-426.);
2. **AVALIAR** as propriedades mecânicas e de desempenho dos pavimentos asfálticos com a incorporação de pneus inservíveis, analisando sua durabilidade, resistência à deformação e capacidade de absorção de choques. (Referência: Sousa, J. M., et al. (2020). Mechanical Performance of Asphalt Mixtures Incorporating Recycled Tire Rubber. *Construction and Building Materials*, 236, 117566);
3. **ANALISAR** a viabilidade técnica e econômica do uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, considerando aspectos como disponibilidade de materiais, processo de trituração e mistura, custos de produção e vida útil do pavimento. (Referência: Amorim, F. O., et al. (2018). Analysis of the Technical and Economic Feasibility of Asphalt Mixtures with Crumb Rubber. *Materials Research*, 21(2), e20170756);
4. **INVESTIGAR** os aspectos regulatórios e normativos relacionados ao uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, identificando as diretrizes ambientais e de segurança a serem seguidas durante o processo de incorporação dos pneus triturados. (Referência: Oliveira, R. C., et al. (2021).

Regulatory Aspects of the Use of Waste Tires in Asphalt Mixtures. Waste Management, 134, 135-144);

5. **ESTUDAR** casos de sucesso e experiências práticas do uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica em diferentes regiões, analisando os resultados alcançados, os desafios enfrentados e as lições aprendidas. (Referência: Bezerra, V. L., et al. (2017). Case Study of the Use of Recycled Rubber in Asphalt Mixtures. Transportation Research Record, 2623(1), 24-31.).

## **2 DESENVOLVIMENTO (SEÇÕES DO TRABALHO)**

### **2.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

#### **2.1.1 DESENVOLVIMENTO A**

Estudo comparativo sobre as deformações do asfalto modificado com polímeros e com pneus inservíveis.

“Neste trabalho, comparou-se as viscosidades aparentes dos cimentos asfálticos de petróleo (CAPs) puros com os CAPs modificados com polímero SBS (CAP×SBS) e com pneu e borra de petróleo (CAP×pneu), a fim de entender qual o material asfáltico mais adequado ao uso em pavimentação. Para tanto, os dados de duas publicações distintas foram comparados. Sendo observado que, o CAP×SBS apresentou viscosidade semelhante aos CAPs não modificados, enquanto o CAP×pneu apresentou propriedade de um material pseudoplástico, com melhores propriedades mecânica e resistente às trincas e deformações excessivas.” (Silva, S.M.L.S. (UEG); Souza, K.L.G. (UEG); Silveira, D.E.S. (UEG); Yamamoto, E.H. (UEG); Fernandes, B.C. (UEG); Silva, L.C.P. (UEG); Costa, O.S. (UEG), 2019).

No Brasil, o CAP é misturado com polímeros ou copolímeros para torná-lo mais viscoelástico e aumentar a vida útil da pavimentação. Essa mistura aumenta a resistência ao envelhecimento asfáltico por oxidação, além de promover maior resistência às tensões, evitando trincas indesejáveis, perfurações e pouca durabilidade (BERNUCCI et al., 2008).

Segundo SPECHT (2004), o asfalto com borracha possui resistência maior às trincas e deformações comparado ao asfalto convencional.

O método de adicionar borra oleosa de petróleo e borracha de pneus, na forma de concentrado (masterbatch) como agente modificador de ligante asfáltico, traz um novo destino a esses resíduos de difícil degradação além de promover melhoras significativas na durabilidade de asfaltos (MASSON, 2017).

## RESULTADO

“A figura 1a ilustra a comparação entre os perfis de tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento (taxa de deformação) dos diferentes revestimentos de pavimentação: cimento asfáltico de petróleo 50/70 (CAP 50/70) e 50/60 (CAP 50/60), CAP misturado aos pneus inservíveis e borra de petróleo (CAPxpneu) e CAP misturado com 4,5% do polímero SBS (CAPxSBS). Observa-se que para uma mesma faixa de deformação (taxa de cisalhamento) dos materiais, o CAP 50/60 e o CAP 50/70 aguentaram as menores tensões de cisalhamento, sendo que o CAP 50/60 mostrou-se menos resistente do que o CAP 50/70 e os dois CAPs modificados suportaram maiores tensões de cisalhamento. Porém, nota-se que em menores temperaturas, os asfaltos suportam maiores tensões. O CAP 50/70, foi modificado 20% em massa com borracha e borra de petróleo na proporção 85:15, respectivamente.

Esta mistura chamada de CAPxpneu apresentou o comportamento mais diferenciado quando comparado aos demais CAPs, suportando as maiores tensões de cisalhamento. (Silva, S.M.L.S. (UEG); Souza, K.L.G. (UEG); Silveira, D.E.S. (UEG); Yamamoto, E.H. (UEG); Fernandes, B.C. (UEG); Silva, L.C.P. (UEG); Costa, O.S. (UEG), 2019).

O efeito preponderante do asfalto-borracha é o de aumentar a resistência à deformação e ao aparecimento de trincas por fadiga do pavimento (ODA; JUNIOR, 2001).

Na figura 1b, verifica-se que o CAP modificado com polímero SBS (CAPxSBS) teve um comportamento de deformação parecido com os CAPs puros, mantendo uma viscosidade aparente linear e constante em torno de 0,3 Pa.s. (Silva, S.M.L.S. (UEG) ; Souza, K.L.G. (UEG) ; Silveira, D.E.S. (UEG) ; Yamamoto, E.H. (UEG) ; Fernandes, B.C. (UEG) ; Silva, L.C.P. (UEG) ; Costa, O.S. (UEG) , 2019).

O CAPxpneu apresentou um comportamento de um pseudoplástico diferenciado devido ao decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação.

Este comportamento de pseudoplástico pode ser explicado pelo alinhamento das moléculas da borracha conforme há o aumento da taxa cisalhante, essas cadeias tendem a se alinhar paralelamente às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento (ALPARSLAN; HAYTA, 2002; GALINDO, 2012; GRAÇA; CARDOSO; CAVALCANTE, 2016; RIBEIRO, 2018).

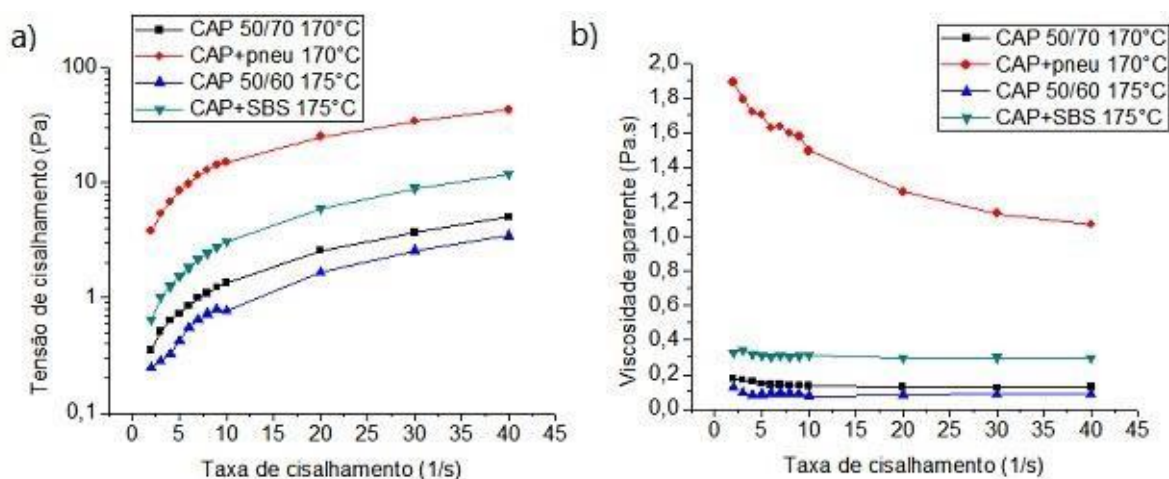


FIGURA 1: (ALPARSLAN; HAYTA, 2002; GALINDO, 2012; GRAÇA; CARDOSO; CAVALCANTE, 2016; RIBEIRO, 2018).

## CONCLUSÃO

O CAP misturado com pneus apresentou as melhores propriedades mecânicas frente ao CAP com SBS.

Para a fundamentação das ideias desenvolvidas pelo autor no decorrer de seu raciocínio (SEVERINO, 1984).<sup>1</sup>

### 2.1.2 DESENVOLVIMENTO B

Uso de borracha pode reduzir os custos de manutenção no pavimento asfáltico

Um estudo comparando os custos de construção e manutenção dos tipos de asfalto foi realizada pela Prefeitura de Curitiba no Brasil no ano de 2012. Avaliando os custos de execução e manutenção do asfalto comum e asfalto-borracha. Com 2 vias, uma com asfalto comum e a outra com asfalto-borracha, construídas em 2005 a via Rua Ângelo Domingos Durigan com esses 2 trechos.

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido para facilitar o ensino-aprendizagem na elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso dentro do âmbito acadêmico da UECE.

Resultados:

- 1) Execução de pavimento com asfalto comum: R\$ 46,66/m<sup>2</sup>
- 2) Execução de pavimento com asfalto-borracha: R\$ 77,22/m<sup>2</sup>
- 3) Manutenção com asfalto convencional: R\$ 67,30/m<sup>2</sup>

Fonte: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012.



**FIGURA 2: CUSTO DE EXECUÇÃO- AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL**

**FONTE: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012.**

Os custos de execução do asfalto-borracha foram maiores, 65,49% maior. Mas, após 7 anos de uso considerando os níveis de desgaste da via e os custos de manutenção.

$$1) \text{ Manutenção do asfalto-borracha: } R\$ 67,30/m^2 \times 0,10 = R\$ 6,73/m^2$$

2) Manutenção do asfalto convencional:  $R\$ 67,30 /m^2 \times 0,70 = R\$ 47,11/m^2$



**FIGURA 3: CUSTO DE MANUTENÇÃO - AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA COM UTILIZAÇÃO DO ASFALTO - BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL**

**FONTE: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012.**

Assim para analisar o custo geral é necessário soma o custo de execução com a de manutenção de 7 anos. Sendo assim:

1) Manutenção+ Execução AB8:  $R\$ 6,73/m^2 + R\$ 77,22/m^2 = R\$ 83,95/m^2$

2) Manutenção+ Execução CAP- 50/70:  $R\$ 47,11/m^2 + R\$ 46,66/m^2 = R\$ 93,77/m^2$

Sendo assim o custo do asfalto-borracha foi 11,69% menor que o asfalto comum.

### 2.1.3 DESENVOLVIMENTO C

Redução de impactos ambientais pelo uso de pneus na pavimentação.

Não devem ser desprezados os efeitos nocivos ao meio ambiente causados pelo incremento das estradas e conseguinte aumento da frota rodoviária, dentre as consequências pode-se destacar os desmatamentos, poluição e o foco desse trabalho, a grande geração de resíduos causados por pneus inservíveis, descartados sem qualquer controle na natureza (Andrade, 2007).

Os pneus feitos de borracha, que são derivados do petróleo, se mostram um problema ambiental por causa do seu descarte irregular.

Se deixados em ambiente aberto, sujeitos a chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para proliferação de mosquitos. Se encaminhados para aterros de lixo convencionais, ocupam grande espaço, provocando “ocos” na massa de resíduos e, assim, causando a instabilidade do aterro. Se destinados em unidades de incineração, a queima da borracha gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos, o que requer um sistema de tratamento dos gases e torna o processo extremamente caro. (SANTOS, et. al, 2017).

Desse modo, devem-se encontrar soluções para mitigar essa problemática, e umas dessas é, incluir no pavimento asfáltico borracha desses pneus triturada.

As borrachas de pneus possuem excelentes propriedades físicas e químicas, que, incorporadas ao ligante convencional, trazem uma série de melhorias que se refletem na durabilidade do pavimento: incorporação de agentes antioxidantes que aumentam a resistência ao envelhecimento do cimento asfáltico, à ação degradante de óleos e combustíveis, bem como diminuem a suscetibilidade térmica do CAP. Matéria-prima barata, dentre os diversos tipos de polímeros, contribui para a comercialização de um asfalto modificado mais competitivo, técnica e financeiramente (Pinto e Pinto 2019).

Ciclo correto dos pneus abaixo:

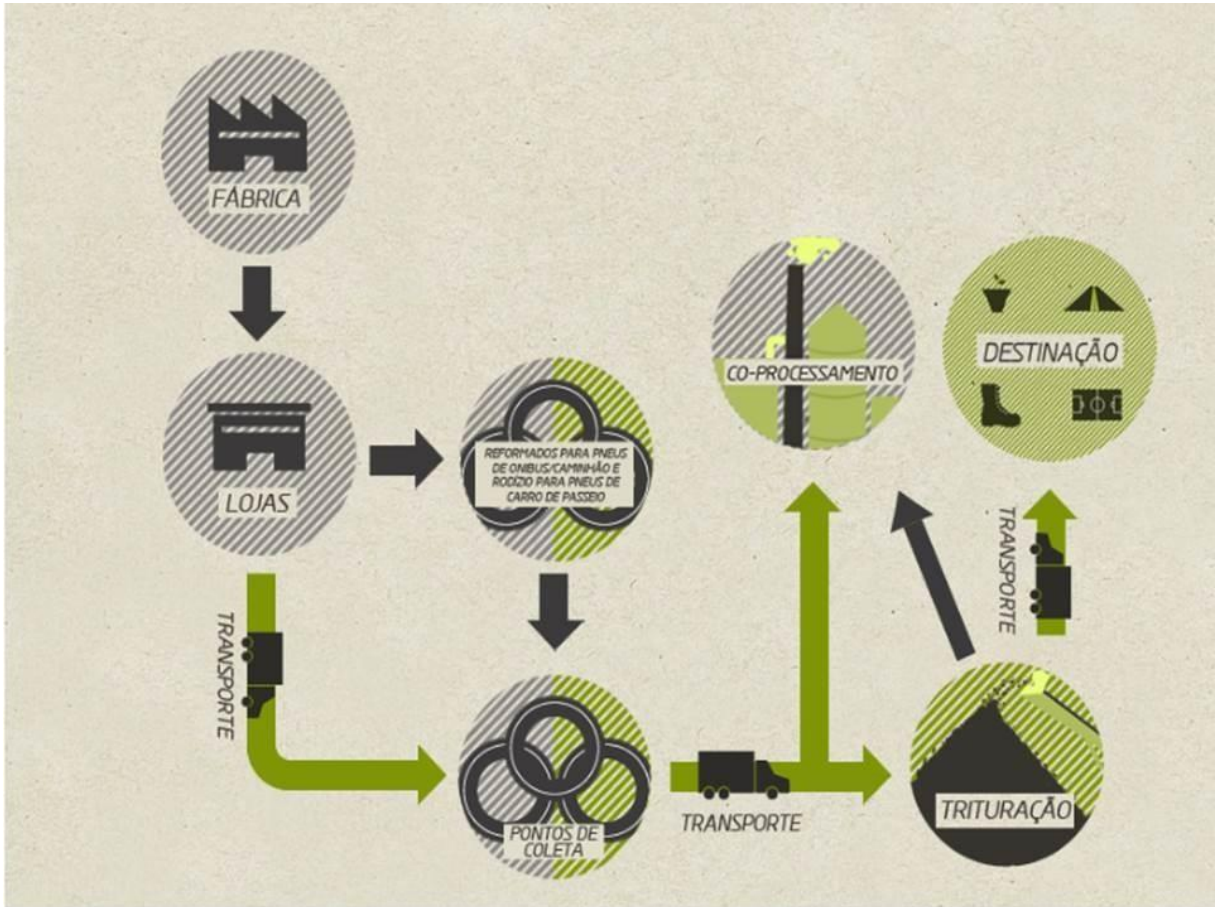


Figura 4: TEXACO 2023, RECICLAGEM DE PNEUS.

### 3 CONCLUSÃO

A utilização de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, por meio do asfalto-borracha, apresenta vantagens significativas em relação ao asfalto convencional. Com base nas evidências coletadas, é possível concluir que o asfalto-borracha é mais resistente à deformação, o que resulta em uma maior durabilidade do pavimento. Isso reduz a necessidade de reparos e manutenção frequente, gerando economia de recursos financeiros em longo prazo.

Além disso, o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica contribui para a diminuição do impacto ambiental. O descarte inadequado de pneus representa um sério problema ambiental, uma vez que são resíduos de difícil decomposição e que ocupam espaço significativo nos aterros sanitários. Ao incorporar pneus triturados na mistura do asfalto, é possível promover a reciclagem desses materiais e reduzir a quantidade de resíduos enviados aos aterros, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Adicionalmente, a utilização do asfalto-borracha apresenta um menor custo de manutenção ao longo da vida útil do pavimento. Devido à sua maior resistência à deformação, há uma redução na ocorrência de trincas e buracos, minimizando a necessidade de reparos constantes. Essa característica resulta em economia de recursos financeiros para os órgãos governamentais responsáveis pela manutenção de estradas e rodovias, bem como para as empresas de construção civil envolvidas nesses projetos.

Portanto, considerando a resistência a deformações, o menor custo de manutenção e o menor impacto ambiental, o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica, por meio do asfalto-borracha, é uma alternativa promissora e sustentável. Essa prática contribui para a preservação do meio ambiente, ao mesmo tempo em que proporciona maior durabilidade e economia financeira. Para promover ainda mais o seu uso, é essencial que sejam estabelecidas políticas públicas e regulamentações adequadas, incentivando a adoção dessa solução inovadora na construção e manutenção de vias.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 16585:2017 - Pavimentos asfálticos - Utilização de borracha de pneus inservíveis na composição do ligante asfáltico - Requisitos e procedimentos. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 16586:2017 - Pavimentos asfálticos - Utilização de borracha de pneus inservíveis na camada de base e sub-base - Requisitos e procedimentos. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 16587:2017 - Pavimentos asfálticos - Utilização de borracha de pneus inservíveis na camada de revestimento - Requisitos e procedimentos. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 15423:2006 - Pneus inservíveis - Coleta, armazenamento e transporte. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 15985:2011 - Pneus inservíveis - Requisitos para a redução do impacto ambiental na destinação final. Acesso em 10 março de 2023. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 15495:2019 - Pavimentos asfálticos - Utilização de borracha de pneus inservíveis em misturas asfálticas - Especificação de requisitos. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 15617:2008 - Pavimentos asfálticos - Determinação do ruído de rolamento em laboratório. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 15530-3: 2016 - Pavimentos de concreto - Parte 3: Execução. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 16416:2015 - Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Acesso em 10 março de 2023;

ABNT NBR 16731:2019 - Pavimentos permeáveis - Requisitos e procedimentos para projeto, execução e manutenção. Acesso em 10 março de 2023;

ALMEIDA, L. A. C. et al. Utilização de borracha de pneus na pavimentação asfáltica: uma revisão de literatura. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 5, n. 2, p. 21-36, 2018. Acesso em 10 março de 2023;

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin(sesame paste) blends. Journal of Food Engineering, Oxford, v.54, n.1, p.89-93, 2002

AMORIM, F. O., et al. (2018). Uso de Pneus Inservíveis na Pavimentação Asfáltica: Uma Análise do Estado da Arte. Revista Brasileira de Engenharia Civil, 10(1), 55-62;

ANDRADE, Hered. **Pneus Inservíveis: Alternativas Possíveis de Reutilização.** 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122280/Economia293475.pdf?sequence=1&isAllowed=?>. Acesso em: 29 de abril de 2023.

BERNUCCI, L. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008.

CHIU, C. T.; HSU, T. H.; YANG, W. F. Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements. **Resources, Conservation and Recycling**, v 52, n. 3.p.545-556,2008;

FACCIO, César. Reciclagem de pneus é a saída para uma pavimentação sustentável. Disponível em: <https://www.temsustentavel.com.br/reciclagem-de-pneus-pavimentacao/>. Acesso em: 30/04/2019.

GRECA ASFALTOS. **Contabilidade ecológica – Asfalto-Borracha**. Disponível em: [http://www.grecaasfalto.com.br/fatos/fatos\\_25.pdf](http://www.grecaasfalto.com.br/fatos/fatos_25.pdf) . Acesso em 17/04/2023.

GRECA ASFALTOS. **Linha Ecoflexpave**. Disponível em: [https://www.flexpave.com.br/lormais\\_ecoflex/13\\_estudo\\_ecoflex\\_2009.pdf](https://www.flexpave.com.br/lormais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf). Acesso em 17/04/2023.

MASSON, Terezinha Jocelen et al. **Asfalto-Borracha: Incorporação de Pneus no Asfalto**. 2017.

MOREIRA, J, F. et al. Concreto com borracha de pneus aplicada em ciclovias. **HOLOS environmental**, v. 14, n. 2, p. 184-197-, set., 2014. Disponível em : <https://www.ceaunesp.org.br/holos/article/view/8141/6348>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

ODA, Sandra; JÚNIOR, José Leomar Fernandes. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. Maringá, v.23, n.6, 9.1589-1599, 2011.

PINTO Salomão, PINTO Isaac Eduardo. **Pavimentação asfáltica: Conceitos Fundamentais sobre Materiais e revestimentos asfálticos**. LTC 1ª ed. Rio de Janeiro, 2019.

ROCHA, B. de O., & Feu Rosa Pacheco, R. (2021). ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS COM ADIÇÃO DE BORRACHA MOÍDA DE PNEUS. *Revista Ifes Ciência*, 7(1), 01-17. <https://doi.org/10.36524/ric.v7i1.934> . Acesso em 15/04/2023.

SANCHES, Felipe G.; GRANDINI, Fernando H. B.; JUNIOR Orlei B. Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional. 2012. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2012. Acesso em 22 de abril de 2023.

SANTOS, J. M., et al. (2020). Use of Waste Tires in Asphalt Pavement: A Sustainable Solution. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 8(1), 102-113.

SANTOS, Marco Aurélio dos. [et al.] **Poluição do meio ambiente**. LTC 1ª ed. Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, S.M.L.S (UEG) ; SOUZA, K.L.G. (UEG) ; SILVEIRA, D.E.S. (UEG); YAMAMOTO, E.H. (UEG) ; FERNANDES, B.C. (UEG) ; SILVA, L.C.P. (UEG); COSTA, O.S. (UEG). Estudo comparativo da capacidade de deformação do asfalto modificado com polímeros sbs e concentrado de pneus. Disponível em:

SILVA, T. M. et al. Estudo do comportamento mecânico de misturas asfálticas com adição de borracha de pneus. Revista Matéria, v. 21, n. 1, e11934, 2016. Acesso em 10 março de 2023;

SOUSA, J. B. et al. Desenvolvimento de um revestimento asfáltico modificado com borracha de pneus usados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 6, p. 388-393, 2017. Acesso em 10 março de 2023;

SPECHT, L. P. Avaliação de misturas asfálticas com incorporação da borracha reciclada de Pneus. 116f. Tese Doutorado – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.