

## **Sustentabilidade na Construção Civil: O Uso de Pneus Inservíveis na Pavimentação**

CAIO CAVALCANTE MOURA DE CARVALHO

Bacharel em Engenharia

Laureate Internacional Universities / UNINORTE (Brasil)

JOSÉ ROBERTO DE QUEIROZ ABREU

Professor

Laureate Internacional University / UNINORTE (Brasil)

### **Resumo**

*O presente estudo tem por objetivo ceder revisão bibliográfica, concisa, acerca da sustentabilidade, elucidando se a reutilização de pneus inservíveis na pavimentação urbana além de gerar benefícios, significativo, a sustentabilidade também pode viabilizar, as organizações de construção civil, aumento na qualidade de seus produtos/ serviços e nos lucros das mesmas, justificando assim sua utilização por essas. A metodologia empregada em presente estudo se refere a uma revisão bibliográfica qualitativa, de caráter descritivo-exploratório, a qual inclui análise detalhada e crítica e interpretação científico - literária de conteúdos textuais que seguem ligados ao tema 'sustentabilidade na construção civil: o uso de pneus inservíveis na pavimentação'. Os conteúdos selecionados foram coletados de artigos e livros, de publicação nacional, tendo os mesmos sido publicados nos últimos dez anos. Os artigos foram coletados no acervo público digital, de sites como Scielo e Lilacs, onde as palavras-chaves foram: Sustentabilidade. Pneus inservíveis. Asfalto borracha. Construção civil. Pavimentação. O concreto asfáltico modificado com borracha diminui as vibrações geradas pela carga do tráfego, e resulta em danos reduzidos causados pelo esforço cíclico. O uso de betume modificado com polímero proporciona maior longevidade e benefícios de custo de vida útil marcados, aumentando a sustentabilidade dos pavimentos.*

**Palavra-Chave:** Sustentabilidade. Construção Civil. Pneu. Asfalto. Pavimentação.

## 1 INTRODUÇÃO

A mudança e a adaptação a novos conceitos são inerentes a todos os setores da sociedade, e para isso é necessário comprometimento das ações empregadas para que os objetivos estabelecidos sejam devidamente alcançados. O combate ao desperdício passa a ser o foco da gestão, o que demanda tempo e esforço, e é por esse motivo que muitas empresas desistem no meio do caminho, pois não conseguem alcançar o tempo de maturação necessário para se atingir seus objetivos.

O conceito de sustentabilidade acabou se tornando um princípio, o qual se refere ao uso de recursos naturais, a fim de satisfazer as necessidades sem interferir na qualidade da utilização dos recursos das gerações futuras. O termo sustentável significa sustentar; defender; favorecer, cuidar, e dessa forma a prática sustentável da utilização dos recursos naturais necessita ser bem orientada.

Independentemente do conceito adotado a sustentabilidade tem de ser entendida como sendo uma questão social. Com o passar dos anos, as discussões sobre o assunto se desenvolveram de maneira conjunta com uma série de procedimentos que afeta a vida em sociedade, e desse modo, os cidadãos até as organizações/ empresas, voltaram seus olhos a aplicação de novos hábitos em prol da conscientização ambiental.

A necessidade de se ter um consumo responsável com relação aos recursos naturais é de suma importância, pois, as modificações realizadas pelos indivíduos na natureza devem ocorrer também com relação a busca de produtos ecologicamente corretos e que possam ser substituídos ou reciclados. A construção de um cenário perfeito e livre de

problemas se torna utópico, frente a busca excessiva pelo lucro das corporações.

A noção da prática da sustentabilidade transcende o de ser uma característica ou condição do que é sustentável, sendo que no ambiente de negócios, a sustentabilidade, envolve a capacidade de ação do empreendimento de gerar processos, produtos e serviços que não impactem negativamente no meio ambiente e/ou que incluam ações que neutralizem os efeitos negativos gerados. Dentro das organizações do segmento de engenharia civil, as discussões acerca do tema sustentabilidade proporcionam a adoção de novas práticas visualizando a utilização de diversos materiais de descarte, tal qual é o caso dos pneus inservíveis a ceder uso na pavimentação urbana. Os autores explicam que o reuso de pneus, ou da borracha dos mesmos, é o processo de reciclagem, o qual se dá junto a pneus que seguem inadequados ao uso veicular em face, principalmente, de desgaste e/ ou de danos irreparáveis, tais como punções/ fissurações, nos mesmos.

O fato de os pneus inservíveis terem sido descritos como fonte de problemas com relação aos resíduos, especialmente por seu grande volume produzido/descarte, e por sua alta durabilidade/degradação, outras características se mostram viáveis quando inservíveis alvos se mostram atraentes para a reciclagem, ou seja, os pneus inservíveis podem ser reciclados para uso em quadras de basquete, solas de sapato e pavimentação urbana, onde, de um modo generalista, se pode dizer que seu reuso de pneus emerge como parte do desenvolvimento humano sustentável, atual e futuro, sendo a mesma parte componente dos desafios globais de sustentabilidade. (MIHELIC; ZIMMERMAN, 2012, p. 63).

Diante do supracitado surge a questão problema do estudo: “Quais os benefícios que podem ser gerados pela reutilização de pneus inservíveis na pavimentação urbana da construção civil?” Com a utilização dos pneus na pavimentação

é possível manter a qualidade da manta asfáltica para transporte dos veículos terrestres, proporcionando qualidade de tráfego, e reduzir custos relacionados a sua manutenção, além disso, ele é bem menos agressivo ao meio ambiente do que os derivados de petróleo comumente utilizados, e com isso cumpre-se a tarefa de cuidado com o meio ambiente e com a sustentabilidade.

O presente estudo tem por objetivo ceder revisão bibliográfica, concisa, acerca da sustentabilidade, elucidando se a reutilização de pneus inservíveis na pavimentação urbana além de gerar benefícios, significativo, a sustentabilidade também pode viabilizar, as organizações de construção civil, aumento na qualidade de seus produtos/ serviços e nos lucros das mesmas, justificando assim sua utilização por essas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Reciclagem pneus inservíveis**

A reciclagem de pneus inservíveis ou reciclagem de borracha é o processo de reciclagem dos pneus de veículos automotores que já não são mais adequados para uso devido ao desgaste ou a existência de danos irreparáveis nos mesmos. (FARIA, 2006).

Os pneus inservíveis estão entre as maiores fontes de problemas quando se pensa em sustentabilidade, em face ao grande volume de produção, durabilidade e o grande número de componentes tóxicos, que são ecologicamente problemáticos, contidos nesses. No entanto, as mesmas características que tornam os pneus inservíveis um problema, também acabam por torná-los alvos atraentes a reciclagem uma vez que sua borracha bem como sua ferragem interna podem ser reutilizados em diversos segmentos, sustentáveis ou não. (MENDES; NUNES, 2009).

**Figura 1:** Pneu inservível



**Fonte:** Mendes (2009).

Os pneus inservíveis quando reutilizados em diversas ações sustentáveis, mais da metade desses acabam simplesmente sendo queimados por seu valor de combustível, o que cede reuso aos mesmos, porém, também cede emissão de gases e fumaças tóxicas na atmosfera gerando mais degradação do que benefícios ao planeta.

Os aterros sanitários rejeitam a recepção de pneus por diversos motivos, sendo pelo grande volume que geram, o qual rapidamente consome espaço valioso do aterro, e por sua emissão de gases de metano, o que gera bolhas de superfície flutuante e traz riscos de explosão e danos na forragem do aterro que tem por finalidade manter os contaminantes do mesmo longe do contato do solo e dos lençóis freáticos, evitando assim a contaminação desses.

Os pneus inservíveis são indevidamente armazenados ou ilegalmente descartados, esses podem também trazer grandes riscos de incêndios que são muito difíceis de serem extinguidos e, tornarem-se verdadeiras armadilhas a vida/ saúde humana uma vez que começam a servir como reservatórios de água da chuva e por consequência serem áreas ideais para a reprodução de mosquitos, ou mesmo roedores, transmissores de doenças. O reuso dos pneus inservíveis, dentre outros atos, ajuda a reduzir o número de pneus em armazenamento, minimizando

drasticamente o risco desses a saúde do homem e do planeta. (THIVES, 2011. p. 1-8).

O descarte ilegal de pneus inservíveis polui ravinas, bosques, desertos e terrenos baldios; o que levou muitos países pelo mundo, incluindo o Brasil, a criar normatizações Legais a ceder uma logística reversa a gerar uma gestão adequada desses. Referido autor ressalta ainda que, infelizmente, ainda hoje, o armazenamento ou descarte inadequado de pneus inservíveis está ligado a falta de consciência ambiental ou mesmo educação ambiental dos indivíduos que o fazem, sendo necessárias medidas Legais e educativas a mudá-las na sociedade. (FARIA, 2006).

## **2.2 Emprego de reuso de pneus inservíveis**

Embora os pneus sejam normalmente queimados, não reciclados, os esforços para sua reutilização encontram valor na sustentabilidade. Os pneus podem ser reciclados para serem utilizados, por exemplo, na pavimentação de asfalto. A pirólise pode ser usada para reprocessar os pneus em gás combustível, óleos, resíduos sólidos (carvão), com baixo teor de carbono.

O ciclo de vida do pneu pode ser identificado pelos seguintes passos:

- Desenvolvimentos e inovações de produtos como compostos aprimorados e modelagem de pneus aumentam a vida útil de sua utilização, além de proporcionar redução no desperdício de pneus;
- Produção adequada e qualidade proporcionam benefícios a população;
- Distribuição direta através de varejistas, reduz o tempo de inventário e garante que a vida útil e a segurança dos produtos;
- As opções de uso dos pneus são inúmeras assim, como seus benefícios;

- Fabricantes e varejistas definem as políticas de retorno, recauchutagem, e substituição de reduzir os resíduos gerados a partir de pneus, assumindo total responsabilidade pelo seu descarte ou à sua reutilização;
- Reciclagem de pneus são desenvolvidas através de estratégias que visam processar resíduos em novos produtos. (DIAS, 2016).

A pirólise é um dos principais tipos de reciclagem empregada aos pneus inservíveis, em todo o mundo, sendo essa utilizada a ceder o reprocessamento dos pneus em gás combustível, óleos motores e resíduos sólidos (carvão) de baixo grau de fumo negro. ( THIVES, 2011. p. 1-8).

Embora grande parte dos pneus, ainda hoje, seja queimado a fim de servir como fonte combustível, uma nova mentalidade verde tem indicado ótimos usos desses na reciclagem sustentável o que cede aos mesmos um novo valor. Existem diversos outros empregos ao uso de pneus inservíveis que podem além de ser ecologicamente mais corretos também são economicamente mais atraentes do que a simples pirólise desses, tais como:

- Na engenharia da construção - os pneus inservíveis podem ser utilizados com diversas segmentação tais como: preenchimento de blocos, enchimento de pilares de pontes, isolamento térmico, sistemas de drenagem séptica, contenção lateral de aterros, barreiras de colisão, controle da erosão, escoamento de águas pluviais, tapetes de detonação, controle de ação de ondas sobre *piérse*, barreiras sonoras e na construção de casas onde os pneus são enchidos com terra e cobertos com concreto;

- Na criação de recifes – recifes artificiais podem ser construídos utilizando-se pneus que são ligados, entre si, em grupos. Existe alguma controvérsia sobre a forma como os pneus são eficazes como um sistema de recife artificial, um exemplo é *The Reef Osborne* projeto que se tornou um pesadelo ambiental que vai custar milhões de dólares para corrigir, no entanto, diversos especialistas indicam que, quando corretamente planejados, esses recifes artificiais podem ser bem-sucedidos gerando benefícios a biodiversidade marinha;
- Na moda/ vestuário – cortes de pneus são usadas em alguns produtos de vestuário, tais como malas, mochilas, sandálias, cintos e solas de sapato;
- Nas siderúrgica – essas podem utilizar os pneus inservíveis como fonte de carbono, substituindo o carvão;
- Na produção de produtos moldados – nesse tipo de reuso a borracha processada/ moída dos pneus inservíveis são misturadas com compostos de borracha virgem, a produzir novos itens de borracha, com o intuito de manter o desempenho dos mesmos enquanto reduz, substancialmente, o custo final desses. Alguns exemplos desses produtos são: tapetes de veículos, materiais de revestimento, para-choques portuários, plataformas de pátio, blocos de cruzamento da estrada de ferro, tapetes de gado, telhas de borracha, *paletes*, dormentes, piso de áreas esportivas e de lazer também;
- Na prática esportiva - pneus inservíveis podem ser aplicados como equipamento de exercício para programas esportivos, tais como o “pneu *Run*”

onde os pneus estão dispostos lado a lado, e o atleta tem de pisar no interior de cada pneu em ato acelerado, o que o leva a fazer pequenos “pulos”;

- Na pavimentação - a utilização da borracha dos pneus inservíveis pode ser amplamente empregada na pavimentação de vias urbanas, ato que pode ser conseguido com a fusão, a quente, das migalhas de borracha dos pneus na base asfáltica ou no concreto, levando esses a serem denominados de asfalto emborrachado. (NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 211).

O asfalto emborrachado, asfalto ecológico ou simplesmente Concreto Asfalto Emborrachado (CAE), é, basicamente, o pavimento asfáltico conseguido com a mistura de cimento com a borracha advinda de pneus inservíveis. O CAE é um material de pavimentação asfáltica de estradas feita pela mistura de base asfáltica com a borracha, moída, de pneus inservíveis que são, em póstuma, misturados com materiais agregantes asfálticos convencionais gerando então uma mistura ligansa que é, então, utilizada a gerar pavimentação de estrada/ vias urbanas de fluxo automotor. (UNICEUB, 2016).

O CAE tem sido classificado economicamente como sendo um dos maiores mercados industriais emergentes dos Estados Unidos da América (EUA), podendo outros países deterem de mesma classificação se, adotarem pequenos adendos de Lei e/ ou Regulamentações que estimulem ações voltadas ao reuso de pneus, ato que, além de ser economicamente interessante as nações, é ecologicamente atraente em face de sua segmentação sustentável. (MENDES; NUNES, 2009).

No final de 2012, as indústrias de pneus atuantes no Brasil tiveram de se “encaixar”, em definitivo, as normativas de logística reversa que acabaram por serem atreladas a Resolução

258/ 99, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. (BRASIL, 1999, p. 1).

Por isso, atualmente, grande parte pneus produzidos/ utilizados no Brasil são reciclados/ reutilizados na indústria, em especial nas de asfáltica/ pavimentação, que, basicamente, buscam atender as normativas legais do país, ceder reuso sustentável aos pneus, e aumentar a durabilidade asfáltica das vias urbanas no país. Nesse ponto, indicar que o reuso de pneus inservíveis na pavimentação é aprovada pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) como sendo fim sustentável e ambientalmente adequado aos mesmos. (RAMALHO, 2009).

**Figura 2:** Pneu triturado



**Fonte:** Ramalho (2009).

Com as medidas Legais, desde findo 2013, o Brasil recolheu cerca de 183 toneladas de pneus inservíveis, o que equivale dizer que cerca de 36,6 milhões de unidades de pneus de veículos de passeio foram levados ao reuso sustentável no país. Assim, pode-se dizer ainda que as normativas de logística reversa atreladas a Resolução 258, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, tornaram possível que, de 1999 a 2013, cerca de 2,46 milhões de toneladas de pneus inservíveis fossem recolhidos e devidamente destinados ao reuso com foco sustentável no país. (THIVES, 2011. p. 1-8).

A coleta se fez possível no Brasil graças a investimentos, advindos dos fabricantes de pneus, de aproximadamente US\$ 212,30 milhões, no programa de Reciclanip, entidade ligada à ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos). (BALAGUER, 2012).

O CAE não é só um produto sustentável, ele é economicamente atrativo uma vez que pode gerar diversos benefícios, tendo visto que esse: rentável, durável, seguro e detém de fácil manuseio.

No que refere aos benefícios do CAE basicamente são:

- O CAE detém de longa duração quando comparável ao asfalto dito tradicional. Estudos de caso têm demonstrado, repetidamente, que CAE, quando concebido e construído de forma adequada, pode durar até 50% mais tempo que o asfalto dito tradicional/ comum;
- Na maioria das aplicações, o CAE pode ser usado com uma espessura reduzida em comparação com sobreposições de asfalto convencionais, o que pode resultar em redução significativa de material e custos;
- Ele resiste a rachaduras em face, principalmente, da sua alta resistência de dilatações por variação de pressão e temperatura, o que cede ao mesmo redução imensa de custos com manutenção;
- Melhor resistência de derrapagem, o que pode proporcionar uma melhor tração e menores riscos de derrapagem, elevando a segurança das vias;
- O CAE mantém a cor escura por mais tempo o que favorece o destaque das marcações da pavimentação, as deixando mais destacadas/ visíveis;
- Apresenta menor propagação de ruídos da circulação veicular. O ruído gerado pelo veículo

vem do ruído aerodinâmico dos pneus. Em velocidades superiores a 50 mph, o ruído dos pneus no pavimento tradicional é equivalente a 70dBA, enquanto que no CAE o ruído é de cerca de 3dBA. O ruído causado pela circulação veicular em grandes estradas, quase sempre, se dá por meio da construção de paredes de som, ao longo das mesmas, onde o som gerado pelo deslocamento veicular é “contido” na estrada, ato que (1) é caro, (2) pode prejudicar a atuação dos condutores que passam entre essas paredes de isolamento sonoro e (3) pode reduzir o valor venal de imóveis que circunde área que contenham tais paredes de isolamento uma vez que toda a aparência do local fica comprometida;

- Apresenta melhor custo X eficácia quando comparado a pavimentação asfáltica dita tradicional/ comum;
- Benefícios ambientais infinitos, uma vez que o CAE se utiliza da borracha de pneus inservíveis os retirando da deposição na natureza e os cedendo nova destinação ecologicamente correta. (BALAGUER, 2012).

Mesmo detendo o CAE de um custo pouco mais elevado do que a pavimentação asfáltica dita tradicional/ comum esse é compensado, imensamente, com os benéficos de médio e longo prazo desses. No entanto, referido autor destaca o fato de que o CAE se limita quando comparado ao asfalto tradicional/ comum no que refere a sua colocação, sendo que essa não pode se dar em ambiente úmido ou em locais onde a temperatura esteja em extremos (muito frio ou muito quente). O CAE deve ser colocado/ assentado em dias sem chuva, em solo seco e com temperaturas acima de 13°C e inferiores a 40°C.

### 2.3 Gestão de resíduos

A gestão dos resíduos pode ser descrita como sendo o conjunto de atividades e ações necessárias para gerir os resíduos desde seu início produtivo até à sua eliminação final, o que inclui, entre outras coisas, recolha, transporte, tratamento e eliminação de resíduos juntamente com o acompanhamento e regulação desses. (PHILIPPI; MALHEIROS, 2012).

O termo gestão de resíduos normalmente se refere a todos os tipos de resíduos, quer gerado durante a extração de matérias-primas, a transformação de matérias-primas em produtos intermediários e finais, o consumo de produtos finais, ou outras atividades humanas, incluindo as municipais (residencial, institucional e comercial), os agrícolas e as sociais (saúde, resíduos domésticos perigosos, lamas e depuração). (MUHRINGER, 2007).

**Figura 3:** Gestão de resíduos



Fonte: Muhringer (2007).

Em linhas gerais, se pode dizer que a gestão de resíduos busca reduzir os efeitos adversos dos resíduos na saúde, no ambiente ou na estética de uma biosfera. A gestão de resíduos também engloba o quadro Legal e regulamentar no que diz respeito à gestão de resíduos, abrangendo orientação sobre descartes, logística e reciclagem de itens, sendo interessante frisar que tal

gestão não é uniforme entre os países, sendo que cada nação tem sua própria Legislação/ normativa a cerca dessa.

A gestão de resíduos existe, basicamente, por dois fatores, o primeiro é que alguns resíduos, por serem danosos/ perigosos/ tóxicos, devem ter seu descarte, cuidadosamente, gerenciado a fim de evitar danos saúde e a todo o ecossistema do planeta e, o segundo está relacionado com o fato da grande maioria dos resíduos terem um reuso valioso, sendo esse encontrado pela gestão dos mesmo a qual encontra endereçamento/ destino correto a esses, gerando diversos benefícios, diretos ou indiretos, a todos, tais como:

- Economia – a gestão de resíduos cede melhora na eficiência econômica das nações uma vez que cede melhor aproveitamento e tratamento dos meios e recursos da nação, criando junto a esses novos mercados onde práticas eficientes de produção e consumo são aplicadas resultando na (1) recuperação de itens valiosos, (2) melhor utilização de recursos, (3) maior geração de renda e (4) menor desperdício de matérias primas;
- Social – a gestão de resíduo acaba por ceder redução nos impactos negativos sobre das ações produtivas e de consumo do homem sobre a saúde geral e o meio ambiente, gerando sociedades mais equilibradas e socialmente desenvolvidas gerando, basicamente, melhora na saúde, qualidade de vida e emprego dessas;
- Ambiental - a gestão de resíduo cede redução e/ ou eliminação de impactos negativos sobre o meio ambiente através da redução, reutilização e reciclagem de itens de descarte, o que cede (1) menor extração de recursos, (2) melhor qualidade do ar, (3) melhor qualidade das águas e (4) redução do efeito estufa;

- Equidade entre gerações - a gestão de resíduo viabiliza a prática de gestão eficazes de itens de descarte, o que pode fornecer, em especial as gerações futuras, uma economia mais robusta e justa, uma sociedade inclusiva e um ambiente mais limpo. (PHILIPPI; MALHEIROS, 2012).

Há uma série de conceitos generalistas sobre gestão de resíduos que, mesmo variando de nação para nação, em suas raízes se mantém equivalentes. Alguns desses conceitos incluem:

- Hierarquia de resíduos – essa se refere aos “3 Rs” reduzir, reutilizar e reciclar, que classificam as estratégias de gestão de resíduos de acordo com sua conveniência, em termos de minimização de resíduos. O objetivo da hierarquia dos resíduos é o de extrair o máximo de benefícios práticos de produtos gerando uma quantidade mínima de resíduos. A hierarquia dos resíduos representa a progressão de um produto/ material através dos estágios sequenciais da pirâmide de gestão de resíduos;
- Ciclo de vida de produtos – essa se inicia com a concepção, em seguida, prossegue através de fabricação, distribuição, uso e, em seguida, segue através de estágios da hierarquia de resíduos de reduzir, reutilizar e reciclar. Cada uma das fases anteriores do ciclo de vida oferece oportunidades para a intervenção política, a repensar a necessidade para o produto, para redesenhar a minimizar o potencial de resíduos, para estender seu uso. A chave por trás do ciclo de vida de um produto é para otimizar o uso de recursos limitados do mundo, evitando a geração desnecessária de resíduos;

- Eficiência dos recursos – essa reflete o entendimento de que, o crescimento global atual, em sua esfera econômica e de desenvolvimento, não pode ser sustentado com os padrões de produção e consumo atuais. Globalmente, estamos extraindo mais recursos para produzir bens do que o planeta pode repor. A eficiência dos recursos é a redução do impacto ambiental da produção e do consumo destes bens, desde a extração de matéria-prima final a última utilização e eliminação. Este processo de eficiência dos recursos pode abordar a sustentabilidade produtiva de itens variados, tais como os pneus. (PHILIPPI; MALHEIROS, 2012).

A reciclagem de pneus, ou reciclagem de borracha consiste no processo de reciclagem de pneus de resíduos que não são mais adequados para uso em veículos devido ao desgaste ou danos irreparáveis. Estes pneus são uma fonte problemática de resíduos, e devido ao grande volume produzido à durabilidade dos pneus e seus componentes são ecologicamente prejudiciais ao meio ambiente. O asfalto de borracha é utilizado para fortalecer e melhorar o asfalto das ruas e estradas, e sua utilização visa melhorar a resistência, visando amenizar as rachaduras ocasionadas pelo tráfego de veículos. Além do mais, a utilização do pneu no asfalto aumenta o tempo de manutenção, e conseqüentemente reduz o custo, e aumenta a vida útil das estradas.

## **2.4 Asfalto de borracha**

O uso primário de asfalto (betume) está em 70% da construção de estradas, onde é utilizado como cola ou aglutinante misturado com partículas agregadas para criar betume asfáltico. O concreto de asfalto com borracha, também

conhecido como asfalto borracha é o pavimento material que consiste em betuminoso misturado com granulado de borracha feitos a partir de reciclados pneus. (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2012).

O concreto asfáltico de borracha é um material de pavimentação de estradas feito com a mistura de pneus reciclados para produzir um aglutinante que é então misturado com materiais agregados convencionais na construção do asfalto. Esta mistura é então colocada e compactada numa superfície de estrada.

O pneu para ser utilizado no asfalto deve primeiramente ser triturada (processo denominado de chip) até chegar ao formato de granulação de micropartículas tendo entre 1,5mm a 3 mm de diâmetros. A partir daí o pneu pode ser transformado em litigante, ou seja, um litigante asfáltico é obtido através da combinação de polímeros visando obter uma mistura que será utilizada como asfalto com maior durabilidade, maior elasticidade, menor deformação e menor potencial de criação de ruídos. Os pneus usados são processados separando as carcaças, o tecido e o aço. A borracha extraída é então moída para a consistência do café moído. Aproximadamente 1.500 pneus são usados para cada pista-milha de pavimentação de borracha. (BERTOLLO; JÚNIOR; SCHALCH, 2002).

**Figura 4:** Trituração pneu



Fonte: Bertollo et. al. (2002).

Dois requisitos de controle de qualidade são necessários quando se usa borracha asfáltica, o primeiro é que a borracha asfáltica precisa ser agitada constantemente para manter as partículas em suspensão; e a segunda é que com o processo de trituração do pneu o fenômeno da devulcanização e despolimerização pode fazer com que a borracha perca sua elasticidade, e se a borracha asfáltica for mantida a altas temperaturas por mais de 6-8 horas isso significa dizer que ela deve ser usada dentro de no máximo 8 horas após a sua produção. (RODRIGUES; HENKES, 2015, p. 448- 473).

O asfalto feito com pneu de borracha é um produto com alguns benefícios, ou seja, ele é rentável, durável, seguro, silencioso e uma alternativa ambientalmente amigável quando comparado com o método de pavimentação de estradas tradicional, dentre seus benefícios é possível citar:

- **Custo-benefício:** na maioria das aplicações o asfalto feito com pneu inservível pode ser usado com uma espessura reduzida em comparação com sobreposições de asfalto convencionais - em alguns casos com metade da espessura do material convencional, isso pode resultar em redução significativa de material e economia de custos;
- **O asfalto feito com pneu inservível é durável, seguro, silencioso e duradouro.** O asfalto com é mais resistente à fissuração, o que pode reduzir os custos de manutenção. Além disso, o ele proporciona uma melhor resistência ao deslizamento, o que pode proporcionar uma melhor tração dos veículos circulantes;
- **Amigável com o ambiente:** a prática e/ou ato de reutilizar e de forma inovadora ter uma visão economicista de saber reciclar. Essa postura pode representar resultados em benefícios próprios e

também para a sociedade e às futuras gerações.  
(LAGARINHOS; TENÓRIO, 2012).

A borracha reciclada dos pneus é utilizada como componente de vários produtos vulgarmente designados por produtos derivados de pneus. Tais produtos incluem misturas de pavimentação de asfalto. Dentro dos projetos de pavimentação o asfalto modificado por borracha permite a estruturação das vias de tráfego por veículos automotores.

Os pneus não reciclados são resíduos que trazem enorme problema global por causa da sua não biodegradabilidade, ou seja, a sua inflamabilidade e composição química levam à extração de substâncias tóxicas. Como eles são pesados, grossos os pneus de sucata apresentam desafios distintos na reciclagem e descarte.

Os resíduos de pneus são geralmente descartados após a ocorrência do desgaste do material. Ao mesmo tempo, eles também são indesejáveis em aterros e têm provado ser uma ameaça ambiental. Devido ao grande volume de pneus descartáveis, eles ocupam um grande espaço valioso em aterros sanitários.

Segundo FARIA (2006, p.26):

Para converter o pneu residual em um produto valioso, ele deve primeiro ser reduzido em tamanho e depois reciclado. O processo de reciclagem começa primeiro pela trituração de pneus em pequenos chips gerenciáveis que são então resfriados a temperaturas criogênicas, fazendo com que as peças se tornem quebradiças. Estas peças frágeis são então pulverizadas num material que deve ser rastreado para remover grandes pedaços de borracha ou polímero.

Durante o processo de reciclagem do pneu, o seu fio de reforço é removido, assim, como a sua fibra é removida. O aço é removido por ímãs e a fibra é removida por aspiração, ou seja,

as partículas de borracha são peneiradas e separadas em diferentes frações de tamanho, conforme sua destinação.

As partículas de borracha resultantes são consistentemente dimensionadas e muito limpas, pois, os sistemas automatizados de ensacamento ajudam a garantir pesos apropriados para os sacos e eliminam eventuais contaminações que possam ocorrer nesse processo. ( GOMES FILHO, 2007).

Na mistura final de asfalto emborrachado, a borracha de pneu é misturada no ligante de asfalto no terminal de asfalto ou refinaria e é enviado para a fábrica de produção de asfalto como um ligante acabado, sem manipulação adicional ou processamento necessário. A borracha de pneu é incorporada no asfalto para proporcionar óleos de estireno, butadieno, e aromáticos proporcionando um material estável e homogêneo que será devidamente aplicado nas vias terrestres. (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2012).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia empregada em presente estudo se refere a uma revisão bibliográfica qualitativa, de caráter descritivo-exploratório, a qual inclui análise detalhada e crítica e interpretação científico - literária de conteúdos textuais que seguem ligados ao tema “sustentabilidade na construção civil: o uso de pneus inservíveis na pavimentação”. (MARCONI; LAKATOS, 2008).

O método de pesquisa bibliográfica procura iniciar a sua compreensão a partir do levantamento realizados dos conceitos teóricos já realizados sobre um determinado tema, publicadas por vários escritos e eletrônicos, seja em livros, monografias, websites, dentre outros. A pesquisa qualitativa não envolve representação numérica, mas sim, o aprofundamento da compreensão. Quando essa é descrita como sendo básica, deve-

se entende-la como sendo uma pesquisa que buscar gerar novos conhecimentos, sem necessariamente esses advirem de uma aplicação prática imediata. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

É vital ressaltar ainda que os materiais utilizados como fonte de pesquisa passaram por uma previa seleção de conteúdo, o que permitiu que nesses ocorre-se separação detalhada do que seguia válido ou não ao referido tema/ objetivo do estudo. Tal ato permitiu que os conteúdos selecionados se tornassem base segura para a produção do estudo em si. Os conteúdos selecionados foram coletados de artigos e livros, de publicação nacional, tendo os mesmos sido publicados nos últimos dez anos. Os artigos foram coletados no acervo público digital, de sites como Scielo e Lilacs, onde as palavras-chaves foram: Sustentabilidade. Pneus inservíveis. Asfalto borracha. Construção civil. Pavimentação.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A sociedade é eticamente responsável pela condução e reestruturação da trajetória da natureza e da história do mundo contemporâneo. Dessa forma, acredita-se que por intermédio desta investigação haverá uma possível conscientização da promoção da educação para a sustentabilidade com a intenção de contribuir com o desenvolvimento da Responsabilidade Socioambiental.

A educação para a sustentabilidade teve e continuará tendo nas imensuráveis iniciativas socioambientais públicas globais, nacionais e locais as suas mais importantes fontes de desenvolvimento. Conseqüentemente, a educação vem se afirmando como a mais expressiva área capaz de multiplicar as ações humanas em favor de uma melhor qualidade de vida às gerações. (ALMEIDA, 2007).

Sob outra ótica, sabe-se que a mobilização por um planeta com menos desigualdades e agressões à natureza vem

se tornando uma necessidade para a sobrevivência. Nessa perspectivação, também se considera que criar e promover diferentes práticas voltadas a sustentabilidade em áreas expressivas da sociedade, mediante práxis diferenciadas é uma opção bastante interessante, especialmente, quando voltada para a conscientização pela preservação e criação de hábitos sustentáveis. (BOFF, 2012).

A educação para a sustentabilidade por intermédio da educação ambiental e, ainda, mediante a implementação de uma gestão participativa, materializada através de organizações educacionais, denota o quanto ações políticas públicas ou privadas tornam-se aliadas consistentes para melhorar a conscientização e a responsabilidade socioambiental. Por isso, quando falamos em sustentabilidade há de se ter em mente que tal termo foi criado para definir um conjunto de ações relacionadas umas com as outras, e atividades humanas que visam suprir as atuais necessidades sem prejudicar as próximas gerações, ou seja, a sustentabilidade está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico, social, ambiental e cultural para que se possam evitar contínuas agressões ao meio ambiente, fazendo com que seja feita a utilização inteligente dos recursos naturais para que se garanta um desenvolvimento sustentável. (DIAS, 2010).

Os americanos geram quase 300 milhões de sucata de pneus a cada ano, de acordo com a Environmental Protection Agency (EPA). Historicamente, esses pneus geralmente acabavam em aterros, tornavam-se criadouros para mosquitos e roedores portadores de doenças, além de representar potencial risco de incêndio. (RODRIGUES; HENKES, 2015, p. 448- 473).

**Figura 5:** Pavimentação com pneus inservíveis



**Fonte:** Rodrigues (2015, p. 448-473).

Segundo a National Science Foundation (NSF), nos Estados Unidos o pneu de borracha está sendo experimentado em diferentes tamanhos de partículas, as vezes com acréscimo de outros componentes visando melhorar os materiais e a qualidade do asfalto, assim, como o seu envelhecimento. O asfalto de pneu inservível é muito durável. (DIAS, 2016).

A borracha de asfalto é o maior mercado de borracha moída, consumindo cerca de 220 milhões de libras, ou aproximadamente 12 milhões de pneus, de acordo com a EPA. Na Califórnia e no Arizona a maior quantidade de borracha asfáltica utilizada está na construção de estradas, seguido pela Flórida. Outros estados que estão usando borracha asfáltica, ou estão estudando seu potencial, incluem Texas, Nebraska, Carolina do Sul, Nova York e Novo México. (RODRIGUES; HENKES, 2015, p. 448- 473).

A borracha para pneus de solo, quando misturada com asfalto, produz superfícies de estrada mais duradouras e pode reduzir o ruído da estrada e a necessidade de sua manutenção. As aplicações de asfalto têm o potencial de contribuir para a solução do crescente problema de resíduos sólidos, desde que sejam abordadas as questões de engenharia e ambiental.

É importante reconhecer que a utilização de pneu inservível na pavimentação não é apenas triturar um estoque de pneus velhos e adicionar a borracha ao asfalto quente. O processo de manuseio e trituração é cuidadosamente planejado e monitorado para produzir um material de borracha limpo e altamente consistente. A borracha é produzida através de um processo de moagem de pneus de borracha em partículas muito pequenas. Trabalhar com asfalto emborrachado é muitas vezes muito semelhante ao asfalto tradicional. Pode ser ligeiramente mais duro e mais pegajoso de trabalhar com que o asfalto regular. (GOMES FILHO, 2007).

O equipamento de pavimentação convencional é usado para aplicar asfalto de borracha. O único equipamento especializado necessário é a fábrica de borracha que mistura borracha com asfalto para a fabricação da pavimentação. Unidades portáteis podem ser configurados e operadas no local em menos de um a três dias, e as aplicações de pulverização são aumentadas para acomodar o material viscoso. As novas tecnologias que contribuíram para a utilização do pneu no asfalto têm mais uso em misturas densas e graduadas e que são adequadas para a pavimentação de ruas, estradas, estacionamentos e etc. (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2012).

## **5 CONCLUSÃO**

Em face da pesquisa teórica e da pesquisa prática concluímos que a reutilização de pneus inservíveis na pavimentação, além de gerar benefícios, significativo, a sustentabilidade também pode viabilizar, as organizações de construção civil, aumento na qualidade de seus produtos/ serviços e nos lucros das mesmas, justificando assim sua utilização por essas.

O concreto asfáltico modificado com borracha diminui as vibrações geradas pela carga do tráfego, e resulta em danos reduzidos causados pelo esforço cíclico. O uso de betume

modificado com polímero proporciona maior longevidade e benefícios de custo de vida útil marcados, aumentando a sustentabilidade dos pavimentos. Portanto, com a utilização dos pneus na pavimentação é possível manter a qualidade da manta asfáltica para transporte dos veículos terrestres, proporcionando qualidade de tráfego, e reduzir custos relacionados a sua manutenção, além disso, ele é bem menos agressivo ao meio ambiente do que os derivados de petróleo comumente utilizados, e com isso cumpre-se a tarefa de cuidado com o meio ambiente e com a sustentabilidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, Fernando. **Os desafios da sustentabilidade: Uma ruptura urgente**. Elsevier, 2007.
2. BALAGUER, M. **Avaliação estrutural de um pavimento flexível executado em asfalto-borracha, elaborado pelo processo de produção contínua em usina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2012. 196f.
3. BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2007.
4. BERMAN, C. **Crise ambiental e as energias renováveis**. vol.60 no.3 São Paulo Sept. 2008.
5. BERTOLLO, S. M; JÚNIOR, J. L. F; SCHALCH, V. **Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos**. In: XVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. 2002.
6. BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.
7. BRASIL. **RESOLUÇÃO Nº 258**. Publicado Ago 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>. Acesso Out 2016.
8. BURZRTN, M. **Ciência, Ética e Sustentabilidade: Desafios ao Nono Século**. 2ª Ed. São Paulo. Cortez; Brasília, DF: Unesco, 2001.
9. COREMAL. **Sustentabilidade**. S/ d. Disponível em: <http://www.coremal.com.br/empresa/sustentabilidade/>. Acesso Set 2016.
10. DA ROCHA BUSCOLI, R.; OLIVEIRA SOUZA, A. O discurso da sustentabilidade como elo às novas estratégias de desenvolvimento regional: o caso dos Eixos Nacionais de integração e Desenvolvimento nos governos Fernando Henrique Cardoso I e II no estado de Mato Grosso do sul. **Cuad. geogr.**, Jan 2013, vol. 22, no.1, p.51-68. ISSN 0121-215X.

11. DIAS, A. J. et al. O uso de borracha em ligantes asfálticos para pavimentação de rodovias no estado de Minas Gerais. **14º Congresso Nacional de Iniciação científica - CONIC**. Disponível em: <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2014/trabalho-1000017424.pdf>. Acesso Nov 2016.
12. DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: Princípios e práticas**. 9. Ed. São Paulo: Gaia, 2010.
13. DINIZ, E. M.; BERMANN, C. Economia verde e sustentabilidade. **Estud. av.** vol.26 n° 74 São Paulo 2012.
14. FARIA, A. D. **Logística Reversa: Coleta de Pneus Inservíveis junto aos Pequenos Borracheiros da Região do Grande ABC**. Monografia (Graduação em Administração em Logística). São Caetano do Sul: Faculdade Editora Nacional, 2006.
15. GALLO, E. et al. Saúde e economia verde: desafios para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. **Ciênc. saúde coletiva**, Jun 2012, vol.17, n° 6, p.1457-1468. ISSN 1413-8123.
16. GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
17. GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estud. av.** vol.21 n° 59 São Paulo Jan./Apr. 2007.
18. GOMES FILHO, C. V. **Levantamento do potencial de resíduos de borracha no Brasil e avaliação de sua utilização na indústria da construção civil**. 2007. 137f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2007.
19. GRZEBIELUCKAS, C., CASAMAR, L. M. S.; SELIG, P. M. Contabilidade e custos ambientais: um levantamento da produção científica no período de 1996 a 2007. **Prod.**, Abr 2012, vol.22, no.2, p.322-332. ISSN 0103-6513.
20. LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística reversa dos pneus usados no **Brasil**. **Polímeros** vol. 23 n° 1 São Carlos 2013 Epub Oct 11, 2012.
21. MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7º ed. São Paulo: Atlas, 2008.
22. MELO, P. T. N. B.; SALLES, H. K.; VAN BELLEN, H. M. Quadro institucional para o desenvolvimento sustentável: o papel dos países em desenvolvimento com base na análise crítica do discurso da Rio+20. **Cad. EBAPE.BR**, Set 2012, vol.10, no.3, p.701-720. ISSN 1679-3951.
23. MENDES, C. B. A.; NUNES, F. R. **Asfalto borracha: minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente**. Monografia (Graduação Engenharia Civil). Vitória: UNIVIX, 2009.
24. MIHELICIC, J. R. ZIMMERMAN, J. B. **Engenharia Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidade e Projeto**. São Paulo: LTC, 2012.
25. MISOCZKY, M. C.; BÖHM, S. Desenvolvimento sustentável à economia verde: a constante e acelerada investida do capital sobre a natureza. **Cad. EBAPE.BR**, Set 2012, vol.10, no.3, p.546-568. ISSN 1679-3951.
26. MUHRINGER, S. M. **Lixo e sustentabilidade**. São Paulo: Atica, 2007.
27. NEVILLE, A. S.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2º Ed. São Paulo: Bookman, 2013.

28. OLIVEIRA, L. R. et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 70-82, jan./fev. 2012.
29. PHILIPPI JR, A; MALHEIROS, T. F. **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Manole, 2012.
30. PINTO, K. E. F. **Responsabilidade socioambiental corporativa**. Dissertação (Pós Graduação Administração). São Paulo: USP, 2011.
31. RAMALHO, A. V. F. **Uma análise dos benefícios da utilização do asfalto borracha nos Rodovias do Brasil**. Monografia (Tecnologia em logística). São Paulo: FATEC, 2009.
32. RODRIGUES, C. M; HENKES, J. A. **Reciclagem de pneus: atitude ambiental aliada à estratégia econômica**. IN: Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 448- 473, abr./set.2015.
33. SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
34. SANTOS, M. A. **Fontes de energia renovável**. São Paulo: LTC, 2013.
35. THIVES, L. P. et al. Influência do Tipo de Asfalto Base no Desempenho Mecânico de Misturas com Asfalto Borracha. **Congresso Ibero-latinoamericano do asfalto**, 16., 2011, Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP, 2011. p. 1-8.
36. UNICEUB. **Pneus para a pavimentação de rodovias**. Publicado Ago 2013. Disponível em: <http://sustentabilidade-uniceub.blogspot.com.br/2013/08/a-utilizacao-de-pneus-para-pavimentacao.html>. Acesso Nov 2016.