

A INSERÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NA ESTRUTURA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E VIAS URBANAS

THE INSERTION OF RECYCLABLE MATERIALS INTO THE STRUCTURE OF ROAD PAVEMENTS AND URBAN ROADS

CRUVINEL, Gustavo Henrique Fonseca

Unicerrado - Centro Universitário de Goiatuba
gustavohenrique4545@hotmail.com

GUIMARÃES, Lucas Pirett

Unicerrado - Centro Universitário de Goiatuba
lucaspirett@gmail.com

FRANÇA, Marcos Vinicius Ferreira

Unicerrado - Centro Universitário de Goiatuba
marcos-viniciusgta@hotmail.com

RESUMO: Atualmente vem crescendo o uso de automóveis e ciclomotores para o transporte individual ou coletivo, para que haja a utilização de forma satisfatória fez-se necessário a criação de superfícies em que os mesmos possam transitar com segurança e se relacionando com todos os componentes da cidade, havendo a presença de pedestres e ciclistas. A pavimentação é de suma importância para sociedade, a mesma possibilita a locomoção e o deslocamento de pessoas e materiais que movimentam a economia de uma cidade. Métodos e materiais utilizados na construção de rodovias são estudados constantemente para que a vida útil das vias seja de grande duração e que haja o desempenho eficaz de acordo com a sua utilização. Assim as camadas constituintes de um pavimento sendo rígido, semirrígido ou flexível, devem dispor de características a todos os esforços que são solicitados e também as temperaturas que nelas atuam. Então neste estudo foi abordado a definição de pavimentação, necessidades, características e a de inserção de novos materiais recicláveis na estrutura de pavimentos. Concluiu-se que diversas fontes renováveis agregam valores a pavimentação, possibilitando a reutilização de materiais que iriam ser descartados e que apresentam características similares ou melhores do que as utilizadas comumente.

PALAVRAS - CHAVE: Pavimentação. Asfalto. Materiais renováveis. Estrutura de pavimentos. Estradas.

ABSTRACT: Currently the use of cars and mopeds for the individual or collective transportation is increasing, so that the use of the vehicles in a satisfactory way has been made necessary the creation of surfaces in which they can transit safely and relating to all the components of the city, with the presence of pedestrians and cyclists. The paving is of paramount importance for society, it allows the locomotion and the displacement of people and materials that move the economy of a city. Methods and materials used in the construction of highways are constantly studied so that the useful life of the roads is of great duration and that there is the effective performance according to its use. Thus the constituent layers of a floor being rigid, semi-rigid or flexible, must have characteristics to all the efforts

that are requested and also the temperatures that work in them. So, in this study, the definition of pavement, needs, characteristics and the insertion of new recyclable materials in the pavement structure was approached. It was concluded that several renewable sources add value to the pavement, allowing the reuse of materials that would be discarded and that present characteristics similar to or better than those commonly used.

KEY - WORDS: Paving. Asphalt. Renewable materials. Floor structure. Roads.

1. INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil tem um valor significativo, mas o escoamento para as partes do país e externamente é essencial e deve ser executado por veículos e equipamentos que necessitam de estruturas e vias em boas qualidades. Temos os navios que fazem o transporte pelas águas, e também temos os caminhões que exercem a tarefa de distribuir os produtos pelas regiões do Brasil em vias terrestres.

Então as rodovias do país devem estar em boas condições e que ofereçam segurança para quem as utiliza. Mas a boa condição também tem relação com o tipo de material que é utilizado nas camadas que constituem a sua estrutura. Assim toda a etapa de construção de um pavimento deve ser acompanhada e fiscalizada, obedecendo as diretrizes expostas pelos projetistas e executores.

O desempenho eficaz de um pavimento rodoviário depende dos materiais e técnicas utilizados na construção desta superfície que deve comportar e suportar as tarefas a qual a mesma é submetida.

A introdução de novos materiais vem acrescentando características relevantes aos pavimentos no mundo, como a utilização de materiais recicláveis que poderiam ir para aterros ou descartados de formas incorretas, além de ser vantajoso, desempenham um papel importante na preservação da natureza e na construção de um equipamento muito utilizado atualmente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

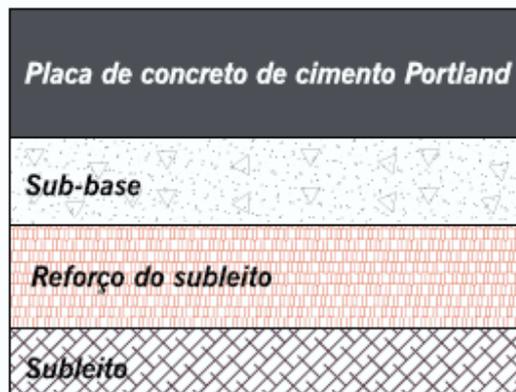
As estradas possuem características que as diferem das rodovias, sendo que as estradas não são construídas para suportar um grande fluxo de veículos, já as rodovias foram pensadas para o trânsito de diversos veículos com pesos variados, e também pedestres e ciclistas.

A necessidade de se locomover entre lugares, e o transporte de determinados materiais e animais, fez com que se desenvolvesse superfícies que suportariam cargas provenientes das movimentações e altas temperaturas sem que se deteriorasse. Assim estas superfícies são denominadas pavimentos, podendo ser asfaltados ou não.

Órgãos como o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e o DER (Departamento de Estradas e Rodagem), estão ligados diretamente as rodovias brasileiras, os mesmos são incumbidos da manutenção, fiscalização, ampliação, administração, e monitoramento de todos que usufruem das rodovias nacionais, entre outras tarefas.

As camadas de um pavimento são elementos subjacentes a outros, tendo como fundação o subleito, formando uma só estrutura. Estas estruturas são divididas em dois tipos de acordo com os materiais constituintes, sendo os pavimentos rígidos e flexíveis, e um adjacente chamado de semirrígido.

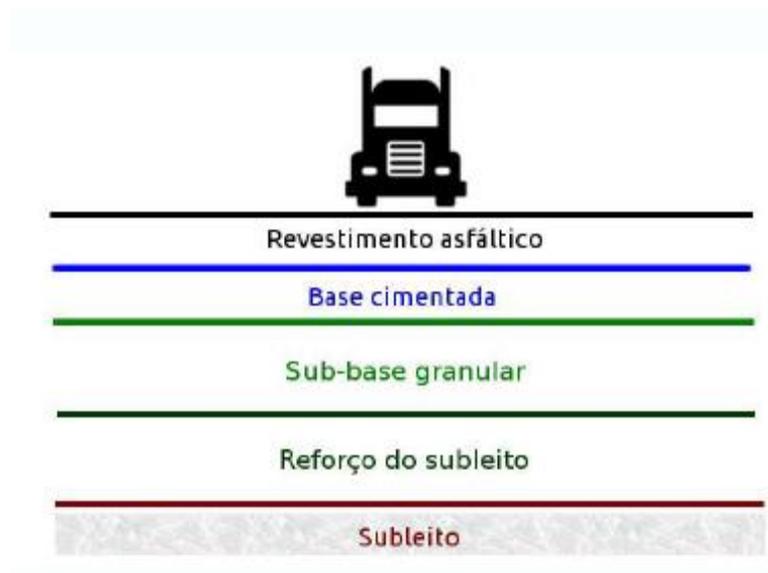
Os pavimentos rígidos, são aqueles ligados ao cimento Portland, porque apresentam uma parcela superficial deste material, sendo apoiado por uma camada de agregado granular (sub-base). Este tipo de pavimento apresenta elevada rigidez proveniente dos componentes, fazendo com que sejam absorvidos todas os esforços solicitantes sob o mesmo. Porém este tipo de pavimento faz com que haja a presença de juntas para controlar e evitar fissuras, e barras de ligação para unir as placas.



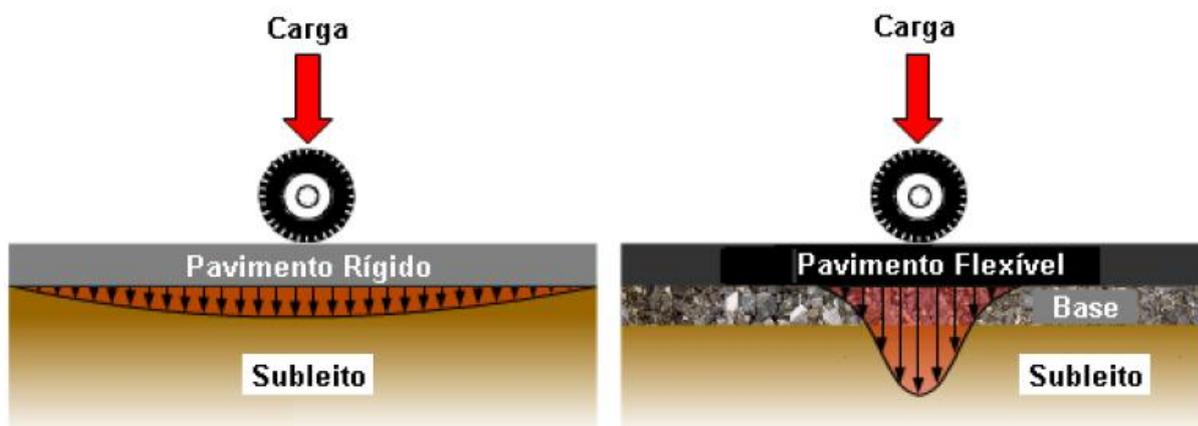
Os pavimentos flexíveis possuem uma cota de revestimento asfáltico em sua superfície, seguida pela base e sub-base, e por fim o reforço do subleito e sua fundação denominada subleito. Assim esse conjunto sofre deformação elástica significativa após o carregamento, distribuindo as cargas em partes equivalentes entre as camadas.



O Pavimento semirrígido é uma mistura dos elementos de algumas das camadas do pavimento rígido e do flexível, sendo ela o revestimento asfáltico e contendo uma porção de base cimentada.



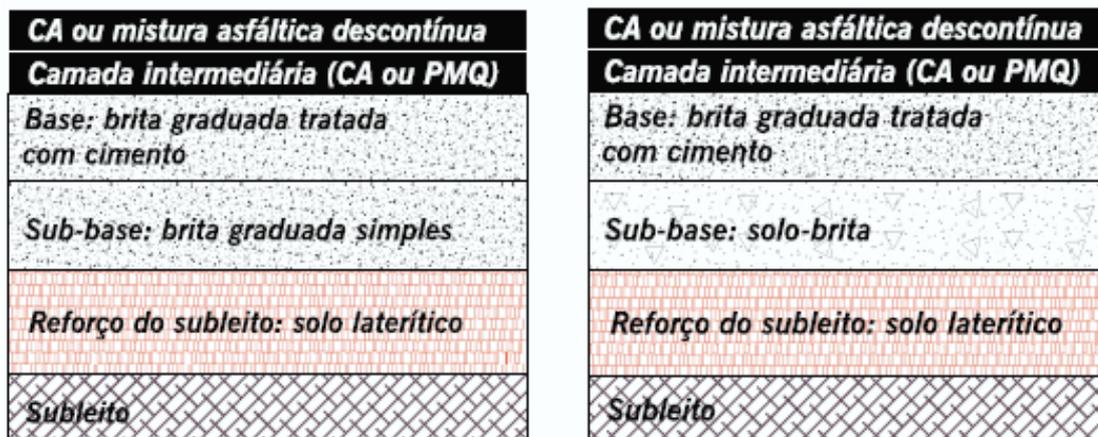
A compreensão de todos os esforços e cargas que os pavimentos são expostos, fazem com que o projeto das camadas sejam analisados de acordo com o tipo de trabalho que irá ser exercido sobre a estrutura. Assim o entendimento das cargas atuantes é essencial para que todos os possíveis fenômenos possam ser prevenidos (fadiga, deformação permanente, entre outros).



A altura de cada camada do pavimento, vai depender do tipo de uso e carregamento futuro, apresentando uma determinada resistência aos esforços solicitantes. Os materiais que compõem as camadas subjacentes, são determinados no projeto de cada rodovia a partir da disponibilidade na natureza e de valores de resistências atribuídos em relação a granulometria da mesma.

Para os revestimentos superficiais de pavimentos rígidos, são utilizados os materiais cimentados, como a brita graduada tratada com cimento (BGTC); solo-cimento; solo-cal; concreto rolado (CCR – Concreto Compactado com Rolo), e para pavimentos flexíveis comumente se utilizam misturas asfálticas, solo-asfalto; solo-emulsão; macadame betuminoso e base asfáltica. Atualmente é utilizado outros tipos de materiais como cal e cimento, que são

adicionados em sua camada, caracterizando de pavimento semirrígido (intermediário entre rígido e flexível).



Estrutura típica de pavimentos flexíveis

Abaixo são apresentadas algumas das características entre os dois tipos de pavimentos:

Pavimento Rígido:

- Resistência a ataques químicos;
- Maior distância de visibilidade horizontal;
- Menor necessidade de manutenção;
- Falta de aderência de demarcações da via, em consequência da baixa porosidade;
- Vida útil de 20 anos.

Pavimento Flexível:

- Necessidade de camadas múltiplas;
- Afetado por agentes químicos;
- Baixa visibilidade noturna em dias adversos;
- Manutenção constante;
- Melhor aderência;
- Vida útil de 10 anos com manutenção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi pautado em pesquisas bibliográficas, sendo sua maioria em fontes de site e artigos disponibilizados gratuitamente na internet, além de seguir notícias e notas sobre pavimentação e a influência que exerce sobre o campo de trabalho da engenharia civil, sendo todos referenciados no final. Além de ser executado pesquisa e visitas in loco, na pavimentação de um trecho que liga as cidades de Vicentinópolis e Joviânia no interior do estado de Goiás.

Novos materiais vêm sendo estudados para substituir os que já são utilizados atualmente, até mesmo pela disponibilidade de recursos, valores de resistências ou por oferecerem menos risco a natureza.

Assim a utilização de materiais recicláveis tem sido colocado em pauta em reuniões que discutem as camadas que compõem a estrutura do pavimento atual. A engenharia civil emprega um número considerável de funcionários dentro do canteiro de obra, a produção de resíduos sólidos é enorme, então foram desenvolvidas várias formas de aproveitamento destes resíduos para a pavimentação, sendo aplicada nas camadas de base e sub-base da estrutura de um pavimento.

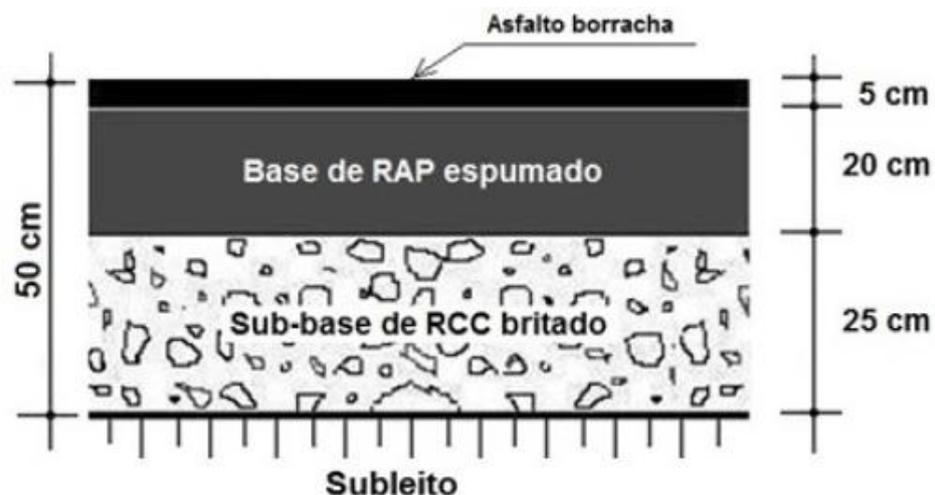
Em São Paulo existem leis que estabelecem diretrizes para utilização dos resíduos provenientes da Construção Civil (RCC), sendo introduzida nas pavimentações de vias públicas, como material fresado, chamado internacionalmente de Reclaimed Asphalt Pavement (RAP).

Outro material que vem sendo estudado e apresentando resultados expressivos, é o pó da borracha, extraído da trituração de pneus usados descartados. A resolução do CONAMA nº258 de 1999, estabelece a destinação e a devida destinação de forma segura para os pneus usados.

Considerando que os pneumáticos novos, depois de usados, podem ser utilizados em processos de reciclagem; (nova redação dada pela Resolução nº 301/02)

Considerando a necessidade de dar destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, aos pneumáticos inservíveis.

A adição do pó proveniente de pneus agrega cerca de 40% de resistência a mais do que a do asfalto convencional, além da capacidade de estabilidade do pavimento em altas temperaturas e evitando trincas em temperaturas baixas.



No diagrama acima é demonstrado a estrutura de um pavimento em questão, porém as dimensões são apenas representativas. A camada superficial de asfalto borracha, conta com a adição do pó de borracha mencionado anteriormente, além do RAP espumado (recycled asphalt pavement – revestimento asfáltico reutilizável). Abaixo temos o RCC – britado proveniente dos resíduos sólidos da construção civil.

Outro método sustentável incorporado na pavimentação, é a utilização de garrafas pets. Neste caso toda a estrutura é composta pelo plástico resultante da reciclagem das

garrafas, e é denominada de PlasticRoad. Este tipo de pavimentação desenvolvido, proporciona a construção rápida e maior durabilidade das vias, podendo ser utilizada por pedestres e veículos automotores.



Este tipo de estrutura suporta temperaturas entre -40°C e 80°C segundo a KWS incorp, além de ser vazado no meio, possibilitando a passagem de fios e tubulações de drenagem, causando um impacto menor no solo. Algumas discussões são levantadas em relação a perda de atrito do material e a geração de um solo mais escorregadio.

O isopor é agregado na pavimentação seguindo uma técnica chamada Geofam, que foi apresentada na Brazil Road Expo 2011. O EPS é aplicado nas estradas para a estabilização de solos moles, por apresentar peso reduzido, além de facilitar a construção, sendo totalmente inerte e não apresentar risco de contaminação, e também menores custos em relação a estrutura. No Brasil esta técnica foi usada na duplicação da rodovia BR101.

Nas laterais são dispostos os blocos de isopor e na parte superior faz-se necessário o preenchimento com revestimento.



As ruas pavimentadas com plásticos recicláveis proveniente de sacolas, garrafas de água, são adicionados ao asfalto tradicional. Em Vancouver foi utilizado este método, onde a cidade tem como objetivo ser a “cidade verde” até o ano de 2020. Esta Prática foi adotada porque o plástico reciclável se transforma em uma cera que se agrega ao asfalto tradicional.

A agregação do plástico reciclável fez com que seja evitado a geração de 300 toneladas por ano de gases que agravam o efeito estufa, porque durante a pavimentação com plástico, a quantidade de vapores liberados são menores que a do método comum.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A preocupação sobre a destinação dos resíduos produzidos pela sociedade vem sendo discutida, pois isso é o resultado do crescimento populacional e das indústrias. Assim a reciclagem é fundamental para evitar a escassez dos recursos que a natureza dispõe.

Então foram se desenvolvendo métodos que agregam estes materiais, que iriam para lixões ou descartados incorretamente, sendo aplicados em diversos setores da sociedade.

Um bom exemplo é da introdução de resíduos sólidos proveniente de demolições em novas construções, sendo usados para aterramentos ou substituição de solos que oferecem risco de desmoronamento.

Atualmente um país como o Brasil tem sua produção agrícola e industrial movimentada pelo transporte através de caminhões e outros veículos comerciais. Assim a necessidade de se desenvolver vias terrestres para que estes veículos possam transitar de forma segura e rápida.

A produção de pavimentos sustentáveis é essencial para que se desenvolvam cidades verdes e mais limpas, além de diminuir o descarte de toneladas de materiais na natureza, que poderiam denegri e poluir o meio ambiente. O plástico é um vilão que polui o meio ambiente de forma agressiva, pelo seu extenso tempo de decomposição. Assim diversos estudiosos e empresas decidiram e pesquisaram sobre a inserção destes materiais na pavimentação de rodovias.

A empresa holandesa e a cidade de Vancouver desenvolveram técnicas de aproveitamento do plásticos de duas formas distintas, porem eficazes se tratando da diminuição do descarte de garrafas pets e sacolas, entre outros materiais plásticos.

Vancouver adotou o método da introdução do plástico reciclável como uma forma de agregado na mistura asfáltica, além de diminuir o volume de alguns materiais. Já a empresa holandesa criou perfis plásticos que podem ser construídos em série formando as vias transitáveis, estes perfis não causam impactos diretamente no solo e apresenta seu núcleo vazado para a passagem de tubulações, reduzindo o trabalho com o solo.

Outro método bem significativo é o Geofóam, que introduz o EPS em forma de blocos para a estabilização de solos moles, onde reduz o trabalho com a construção de estruturas. A construção civil utiliza blocos de isopor para produção de lajes, onde muitas das vezes vão para o lixo, então outra possibilidade que iria diminuir o descarte deste material na natureza, era na aplicação para a construção de pavimentos sustentáveis.

Algumas discussões e dúvidas sobre o emprego destes materiais recicláveis no desenvolvimento de pavimentos, é se tratando dos valores de resistências e durabilidades, por serem materiais novos e ainda sendo testados. Porém de acordo com a pesquisa bibliográfica realizada, pode se constatar que estes materiais apresentam características singulares em relação aos materiais utilizados tradicionalmente.

Um bom exemplo é a incorporação de pneus usados que são triturados e misturados a mistura asfáltica, pois produzem uma superfície mais flexível, se expostos aos esforços de cargas. A resistência deste tipo de pavimento é maior que os valores de um pavimento convencional que utiliza agentes químicos.

No Brasil são aproximadamente 25km de rodovias pavimentadas se tratando em uma área de 1.000km², correspondente a 12,3% da extensão rodoviária brasileira. Se comparado aos Estados Unidos (EUA) que possuem cerca de 438,1km para cada 1.000km² de área. Nos EUA é utilizado a mais de 40 anos o asfalto borracha.

Em alguns casos quando o pavimento é executado de forma incorreta resulta em um produto de má qualidade, no Brasil cerca de 60.165km de rodovias foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas. Isso se deve a execução de forma incorreta ou negligente levando em consideração inúmeras variáveis. Outro fator que influencia na qualidade, é o tipo de pavimentação que deve ser escolhida para tal finalidade, e também na utilização de tecnologias ultrapassadas e manutenção inadequada ou não executada.

5. CONCLUSÕES

Dispondo de todas as informações apresentadas se tratando da inserção de materiais recicláveis na pavimentação, que geram rodovias sustentáveis, os mesmos agregam valores significativos a estrutura da malha viária. Além de diminuir o descarte indevido de materiais poluentes, a serem introduzidos em um equipamento que é utilizado diariamente no mundo atual.

A finalidade da via deve ser levada em conta ao que se refere no tipo de utilização e carga a qual a mesma será submetida, por isso o projeto detalhado de rodovias juntamente com a execução feita de forma correta, resulta em um produto de boa qualidade. Tem em vista o emprego de materiais de boa qualidade e que resistam aos esforços solicitantes durante a vida útil do equipamento.

Novas técnicas desenvolvidas atualmente proporcionam um bem-estar a quem usufrui das rodovias, o Brasil possui uma malha viária considerável, porém muita das vezes as mesmas não são de boa qualidade, em resultado de vários fatores, e o principal pode se dar pela manutenção feita de forma incorreta ou até mesmo não existindo.

O tipo de pavimento é escolhido de acordo com a sua utilização, levando em consideração o tipo de veículo que irá transitar sob o mesmo e o fluxo de veículos que se deve comportar durante sua vida útil.

Se tratando do desempenho dos materiais recicláveis na pavimentação, pode ser classificado como bom, além de gerar dúvidas e levantar questões por serem materiais recentes e que estão sendo utilizados a um espaço curto de tempo.

Com o aumento da população e o crescimento da economia de um país, a necessidade da construção de rodovias para o deslocamento e transporte de pessoas e materiais se tornou primordial nos tempos atuais. Assim está superfície em que os veículos trafegam apresenta um desempenho valorizável para que não haja problemas e imprevistos indesejáveis.

A redução da utilização de agentes químicos na pavimentação, são substituídos por materiais recicláveis, tendo um papel importante na preservação da natureza. Como a retirada de pneus usados de locais onde não tem nenhuma utilidade, onde os mesmos são convertidos em matérias para camadas da estrutura de um pavimento.

Os pneus são utilizados também na fabricação de móveis e são inseridos na construção civil, um caso interessante é de uma empresa no interior de Goiás, que desenvolve casas que reutilizam resíduos sólidos da construção civil para a composição das alvenarias de uma residência e pneus usados são utilizados nas fundações, no caso vigas baldrame.

Concluimos que a ideia de inserir materiais recicláveis na produção de rodovias, é de suma importância, porque reduzem os custos financeiros e também diminuem a poluição do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. L. M. G. MOTTA ; L. B. BERNUCCI; J. B. SOARES; J. A. P. CERATTI. *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para engenheiros*. Rio de Janeiro, ano 2008. Editora: Gráfica Imprinta. 3ª Reimpressão.
2. BONFIM, V. *Reciclagem de base em usina KMA 220 com espuma de asfalto na Rodovia Ayrton Senna*. Revista Engenharia, Edição nº 618 – Ano 71, São Paulo, 2014.
3. BALBO, J. T. *Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
4. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Manual de Pavimentos Rígidos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
5. PINTO, S; PINTO, I. E. *Pavimentação Asfáltica: Conceitos Fundamentais sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
6. SENÇO, W. de. *Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários*. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

7. SENÇO, Wlastermiller de. *Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1*. 2. ed. São Paulo, Pini, 2007.
8. F. R. BIANCHI; I. R. T. BRITTO; V. A. B. CASTRO. *Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível*. Associação de ensino Superior Unificado do Centro leste; ano 2008. Disponível em: www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf. Acessado em 14/09/2018.
9. Redação Autoesporte. *Empresa holandesa cria pavimentação a partir de garrafas pet*. Ano 2015. Revista AutoEsporte. Disponível em: <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2015/07/empresa-holandesa-cria-pavimentacao-partir-de-garrafas-pet.html>. Acessado em: 14/09/2018.
10. SUZUKI. C. Y.; BONFIM. V. *Pavimento asfáltico sustentável: uma realidade no Brasil*. Escola de Contas – TCM/SP. Disponível em: <http://www.escoladecontas.tcm.sp.gov.br/artigos/591-pavimento-asfaltico-sustentavel-uma-realidade-no-brasil?tmpl=component&print=1&layout=>. Acessado em: 14/09/2018.
11. ANDRADE. M. H. F. *Introdução à pavimentação*. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/MODulo%201%20-%20Introducao.pdf>. Acessado em: 14/09/2018.
12. NBR 15115. *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos*. Rio de Janeiro, 2004.
13. CARNEIRO, A. P., BURGOS, P. C., ALBERTE, E. P. V. *Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. Projeto Entulho Bom*. Salvador: EDUFBA / Caixa Econômica Federal, 2001. p.190-227.
14. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 2002. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 15/09/2018.
15. GAETE, C. M. *Rua pavimentadas com plástico reciclado: O exemplo de Vancouver*. Revista eletrônica ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-89387/ruas-pavimentadas-com-plastico-reciclado-o-exemplo-de-vancouver>. Acessado em: 15/09/2018.
16. SANTOS. G. S. *Brasil tem apenas 13% das estradas pavimentadas*. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/estradas/brasil-tem-apenas-13-das-estradas-pavimentadas,7474a9670cb9f1e0180774a18f84b1ca5dzs3j5k.html>. Acessado em: 15/09/2018.