

PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE O PAVIMENTO FLEXÍVEL E O PAVIMENTO RÍGIDO

Pedro Roberto de ANDRADE JUNIOR¹
Elton Aparecido Prado dos REIS²

RESUMO: Existem duas formas de pavimentação de rodovias praticadas no Brasil: a pavimentação flexível, predominantemente executada com concreto betuminoso, seja conformado a frio, seja a quente, ou a pavimentação rígida, executada com o emprego de concreto elaborado com cimento portland e agregados. As duas formas de pavimentação apresentam gritantes diferenças, seja na forma como transmitem as cargas que recebem, comportamento mecânico, seja nas demais características do pavimento. Mas, qual a melhor forma de pavimentação? Qual a forma de pavimentação que melhor se adequa à realidade nacional? Ainda que sem o intuito de esgotar o tema, iremos demonstrar algumas características de um e de outro pavimento.

Palavras-chave: Pavimentação. Pavimento flexível. Pavimento rígido. Diferenças.

1 INTRODUÇÃO

O pavimento rodoviário pode, dependendo da forma construtiva, ser denominado de pavimento flexível ou de pavimento rígido. O pavimento flexível é aquele em que a camada superior, também chamada de capa de rolamento, é composto, na sua grande maioria, por uma mistura de agregados e cimento betuminoso. Existem várias maneiras de executar tal pavimento utilizando cimento betuminoso, seja com mistura a frio dos compostos e posterior compactação no local da aplicação ou mistura a quente em usina de beneficiamento.

O pavimento flexível é aquele composto por uma camada superficial asfáltica, apoiadas em camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes, e que sob carregamento sofre deformação elástica em todas as camadas, ou seja, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes e com

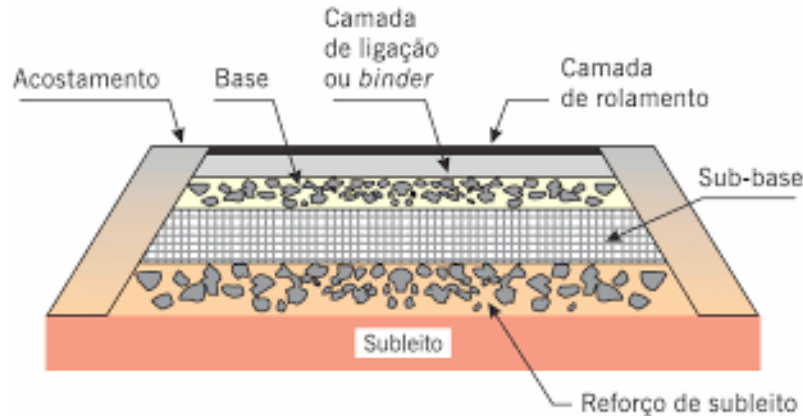
¹ Discente do 3º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. pedandjr@outlook.com. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. pedandjr@outlook.com

² Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

pressões concentradas (DNIT, 2006).

Podemos verificar, na imagem abaixo, um corte esquemático típico do pavimento flexível:

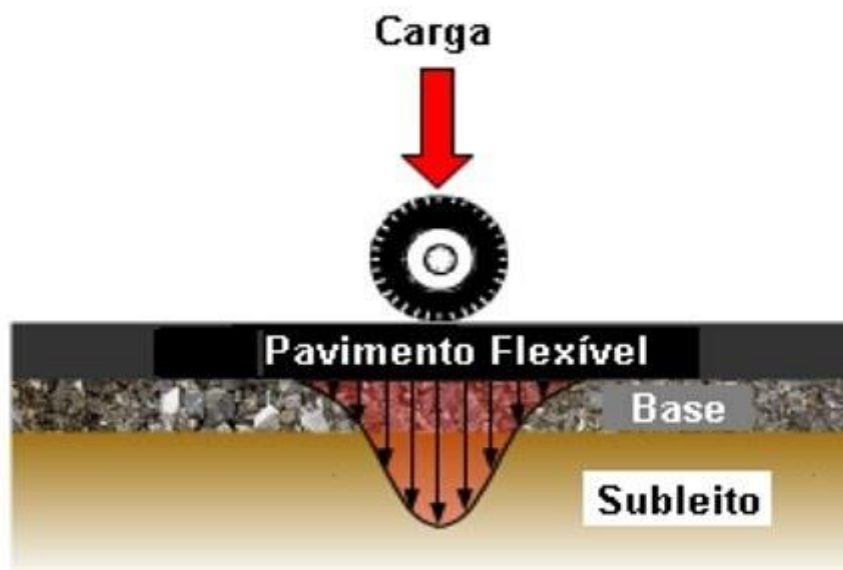
Figura 1: Corte esquemático pavimento flexível



Fonte: Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf> Acesso em 15/05/2018.

O pavimento flexível tem por particularidade o fato de todas as camadas que o compõem sofrerem deformação elástica, sendo a carga aplicada pelo tráfego distribuída de maneira uniforme por todas elas, conforme verificamos pela imagem abaixo:

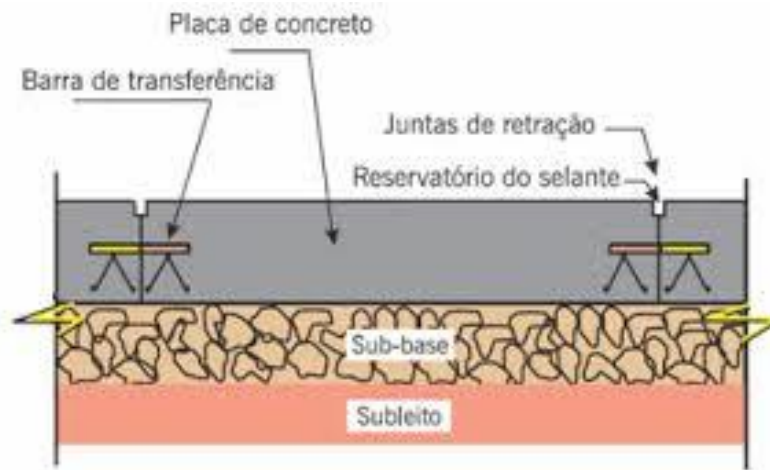
Figura 2: Reação ao carregamento do pavimento flexível



Fonte: adaptado de Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação - Pavimento rígido (concreto) x flexível (asfalto). Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia->

O pavimento rígido, por sua vez, é aquele executado com o emprego de cimento Portland comum e agregados, podendo ou não receber aditivos químicos, fibras de reforço ou armadura de aço. O revestimento de cimento Portland possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores e espessura fixa em função da resistência à flexão das placas, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (Bernucci, 2010).

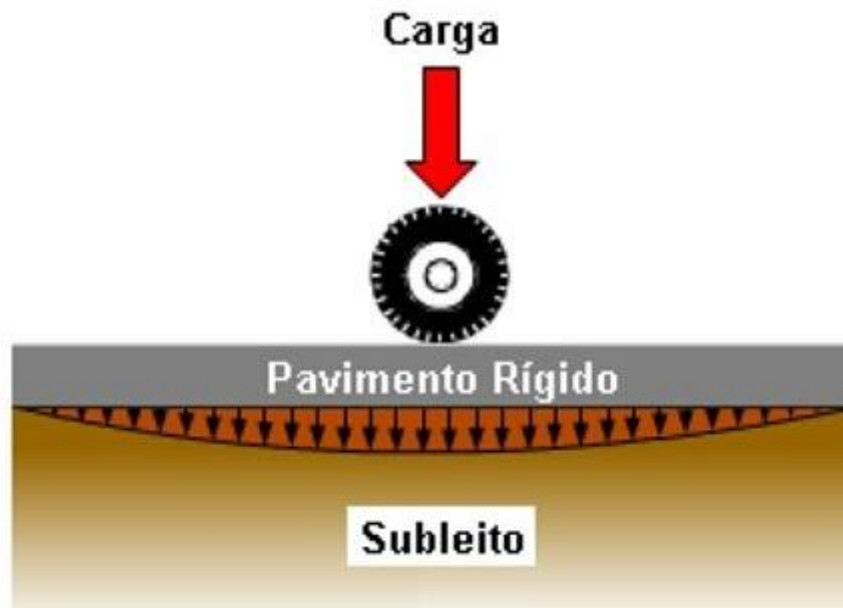
Figura 3: Corte esquemático pavimento rígido



Fonte: Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf> Acesso em 15/05/2018.

Com relação ao seu comportamento reativo ao carregamento trazido pelo tráfego de veículos, tem como principal característica a absorção da maior parte da carga pela camada superior do pavimento, a constituída pelo concreto de cimento Portland, preservando as camadas inferiores.

Figura 4: Reação ao carregamento do pavimento rígido



Fonte: adaptado de Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação - Pavimento rígido (concreto) x flexível (asfalto). Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>> Acesso em 15/05/2018.

A malha viária nacional possui, atualmente, cerca de 12% de suas rodovias pavimentadas, perfazendo um total de 1.700.000 km. Desse total, a grande maioria é pavimentada com pavimento flexível, sendo que o pavimento rígido responde por somente 0,5% do total das rodovias pavimentadas.

Os processos executivos, de conservação e manutenção dos pavimentos, por óbvio, são muito diferentes, em especial por conta da grande diferença existente entre o concreto betuminoso, composto flexível e facilmente conformável a quente, que mantém essa flexibilidade mesmo com o passar do tempo, e o concreto elaborado com cimento Portland, maleável enquanto não completamente curado, mas rígido após iniciado o processo de cura.

O presente trabalho, sem muita pretensão, pretende abordar as principais diferenças existentes entre os dois métodos de pavimentação acima apresentados, quais sejam, pavimento flexível, elaborado à partir de cimento betuminoso conformado a quente, e pavimento rígido, elaborado à partir de cimento Portland e agregados.

2 DESENVOLVIMENTO

Iremos abordar, como já dito, quais as principais diferenças entre os processos construtivos dos dois principais pavimentos rodoviários executados no Brasil, quais sejam, o pavimento flexível composto por cimento betuminoso usinado a quente e o pavimento rígido composto por placas de concreto moldadas “in loco”, e, principalmente, quais as diferenças dos pavimentos acabados.

2.1 Métodos construtivos

2.1.1 Pavimento flexível

Importante ressaltar que o pavimento flexível, ainda que tenha praticamente sempre a mesma aparência, pode ser conformado e executado de várias maneiras diferentes, seja usinado a quente, conformado a frio, dentre outras.

Trataremos aqui somente do pavimento flexível composto por cimento betuminoso usinado a quente, aquele em que é feita uma pré-mistura em usina de processamento de concreto betuminoso e posteriormente aplicado no trecho a ser pavimentado.

Tal método construtivo será analisado porque é o que mais se utiliza para a pavimentação de rodovias.

A conformação por penetração, outro método importante de pavimentação, é mais utilizado quando da manutenção do pavimento (operações “tapa buracos) ou para a pavimentação de vias urbanas, onde se utiliza principalmente a técnica conhecida por macadames betuminosos.

O método construtivo do pavimento flexível utilizando concreto betuminoso usinado a quente é composto por algumas fases que, dependendo do local onde será instalado, a carga de suporte do leito e subleito, podem variar, mas são compostas por basicamente por seis etapas, conforme adaptação de manual do DNIT:

- a. preparação do subleito: maciço de terra que serve de fundação para o pavimento ou revestimento;
- b. reforço do subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base;
- c. preparação da sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base;
- d. preparação da base: camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento;
- e. imprimação e/ou pintura de ligação: aspersão de asfalto diluído sobre a base pronta, visa impermeabilizar a base, permitindo ainda que o concreto betuminoso que comporá a pista de rolamento tenha perfeita aderência à base; e, por fim,
- f. lançamento e compactação do concreto betuminoso usinado a quente: o concreto preparado em usina estacionária, a quente, é lançado sobre a camada de imprimação e/ou ligação, geralmente com o auxílio de vibroacabadoras e compactados com rolos pneumáticos e rolo metálico liso.

Outro fator que pode alterar a quantidade de camadas e também a espessura e o trato das mesmas é a condição de tráfego que será suportada pela rodovia.

2.1.2 Pavimento rígido

O pavimento rígido, como anteriormente exposto, é o responsável por resistir à quase totalidade das cargas aplicadas e, por ser assim, desempenha tanto as funções de revestimento como de base, sendo construído, portanto, sobre o solo de fundação ou sobre uma sub-base (Balbo, 2009).

O método construtivo mais comum dos pavimentos rígidos consiste na

execução de placas de concreto simples moldadas “in loco”, sem qualquer armadura ou fibras para aumentar a resistência do mesmo. Após a moldagem das placas são serradas juntas de dilatação, tanto transversais quanto longitudinais (Balbo, 2009).

As etapas construtivas do pavimento rígido de concreto simples são somente duas, segundo adaptação de manual do DNIT:

- a. preparo da sub-base: a sub-base deve estar nivelada e regularizada, com sua conformação geométrica mantida até a execução do pavimento. Pode, ou não, receber película isolante e impermeabilizante, respeitado, caso execute, transpasse mínimo de 20 centímetros; e
- b. execução das placas de concreto: com mistura, lançamento e espalhamento do concreto, posterior adensamento e acabamento do mesmo, com régua acabadora longitudinal e desempenadeira metálica para acabamento final. Como forma de garantir maior aderência dos pneus dos veículos que transitam pela pista de rolamento, após o desempenho, deve ser executada a texturização da superfície. Após a cura do concreto, devem ser serradas as juntas de dilatação.

2.2 Principais diferenças entre os pavimentos flexível e rígido

2.2.1 Comportamento ao tráfego e resistência mecânica

O pavimento flexível, como já dito, distribui uniformemente às camadas inferiores a carga que recebe do tráfego ao qual é submetido, fazendo com que base, sub-base, subleito e leito sofram as pressões às quais o pavimento é submetido. Por conta disso, essas camadas inferiores devem ser executadas com muito cuidado e serem obedientes ao projeto, uma vez que qualquer inconsistência pode levar à ineficiência da transmissão e absorção das cargas, levando à ruptura de todo o pavimento.

O pavimento rígido, por sua vez, tem as tensões provocadas pela carga do tráfego resistidas pela camada superior de rolamento, não sendo transmitidas

às camadas inferiores. Assim, requer estruturas mais compactas, de menor espessura, já que o processo construtivo limita-se à execução de, tão somente, uma sub-base, exigindo menor movimentação de terra e escavações, gerando, inclusive, economia de material e mão de obra da fase de preparação da “base”.

2.2.2 Vida útil e manutenção

O pavimento rígido possui uma vida útil de, aproximadamente, segundo a literatura especializada, 20 anos, sem a necessidade de intervenções de manutenção. Tal se dá, principalmente, por conta da resistência do pavimento ao carregamento do tráfego, uma vez que o concreto de cimento Portland utilizado na pavimentação da capa de rolamento é dimensionado para determinado tráfego e não transmite, às camadas inferiores, qualquer carga, preservando-as.

O pavimento flexível, por sua vez, possui vida útil de 10 anos, desde que submetido à devida manutenção. Muitas vezes a capa de rolamento do pavimento flexível ainda está em boas condições, mas as camadas inferiores, se subdimensionadas, podem romper-se prematuramente, levando ao comprometimento de toda a estrutura.

2.2.3 Custos de implantação

Controvertida é a questão do comparativo entre os custos de implantação.

Tabela do DNIT, publicada em 2017, levando em consideração uma via em pista simples de 3,60 m de faixa de rolamento e 2,50 m de acostamento, com revestimento de concreto betuminoso usinado a quente de 10 cm de espessura, tanto para a pista de rolamento quanto para o acostamento, tem um custo médio de R\$ 3.159.000,00 por quilômetro linear. Já o custo para implantação da mesma pista simples de 3,60 m de faixa de rolamento e 2,50 m de acostamento, mas com revestimento de concreto simples de cimento Portland, mas com 18 cm de espessura para

a pista de rolamento e 10 cm de espessura para o acostamento, tem um custo médio por quilômetro linear de R\$ 5.430.000,00.

Mas, observe, tais custos médios não levam em consideração nem as particularidades da região em que será executado o pavimento, seja com relação à disponibilidade de material e tecnologia ou condições climáticas e índices pluviométricos, seja com relação ao tráfego a ser suportado pela via, variáveis que podem ser determinantes para a composição dos custos, ainda que médios.

Em outro estudo, desta vez realizado pela Associação Brasileira do Cimento Portland, que levou em consideração o impacto causado pela dimensão do tráfego de veículos comerciais, concluiu que, quanto maior o tráfego desses veículos, mais vantajoso se torna o pavimento rígido executado com concreto simples, conforme tabela a seguir, construída com base em estudo para pavimentação de uma pista simples, com 7,0 m de largura total, considerando toda a estrutura necessária e de acordo com o volume diário médio de veículos comerciais (VDMc):

VDMc	PCS	CBUQ
500	R\$ 1.066.000,40	R\$ 791.484,50
750	R\$ 1.104.436,30	R\$ 938.006,27
2000	R\$ 1.104.436,30	R\$ 1.138.449,29
3500	R\$ 1.142.926,20	R\$ 1.285.548,61
5000	R\$ 1.181.389,10	R\$ 1.341.571,64
10000	R\$ 1.219.852,00	R\$ 1.532.054,61

E, se levarmos em conta os custos de manutenção, segundo planilha de custos do DNIT (2017), é necessário o investimento anual de R\$ 51.800,00 por quilômetro para conservação rotineira e, ainda, a cada 5 anos, é necessário um investimento de R\$ 1.200.000,00 para restauração do pavimento. Mas, lembramos, o pavimento flexível tem vida útil de 10 anos somente, sendo que após esse período deve ser considerada a execução de um pavimento novo.

Os custos para a manutenção do pavimento rígido são, segundo estudos de Hallack (2008), limitados a 4% do valor do investimento inicial de implantação, despendidos a cada 10 anos somente.

Portanto, no final, podemos afirmar que o pavimento rígido, independente do tráfego, tem custo total menor, se considerarmos os custos de implantação e de manutenção, em um período de 20 anos.

2.2.4 Segurança proporcionada ao tráfego

A diferença existente entre os materiais utilizados na confecção dos pavimentos, bem como o processo construtivo em si, leva à significativas diferenças quando o assunto é segurança.

O pavimento rígido, quando passa pelo processo de texturização, proporciona uma maior aderência dos pneus dos veículos ao pavimento, bem como um melhor escoamento da água, reduzindo em 40% o espaço necessário para frenagem quando a superfície está molhada. O pavimento flexível, por sua vez, fica muito escorregadio quando molhado, aumentando em muito o espaço necessário para a frenagem do veículo.

Outro ponto importante com relação à segurança ao rodar está no fato de que, por ter coloração clara, o pavimento rígido tem melhor capacidade de difusão da luz, aumentando a visibilidade na condução noturna ou sob chuva, bem como levando a uma economia com as despesas de iluminação da via.

3 CONCLUSÃO

Assim, como dito no início do trabalho, o mesmo não se propunha, como de fato não o fez, a esgotar tão espinhoso tema.

Levando em consideração todas as particularidades existentes em nosso extenso território, a disponibilidade de matéria prima e tecnologia construtiva em cada região, os dois pavimentos, tanto o rígido quanto o flexível, são viáveis.

O pavimento rígido leva uma ligeira vantagem quando se trata de rodovias com tráfego mais intenso, oportunidade no qual ele passa a ser mais vantajoso e econômico, principalmente com relação à sua vida útil e custos de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**. São Paulo : PINI, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção**, 1. 5. ed. revisada. Rio de Janeiro : LTC, 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani, et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro : PETROBRÁS: ABEDA, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. – Rio de Janeiro, 2006.

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO” de Presidente Prudente. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. Planilha: **Custos Médios Gerenciais 2017**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/copy_of_custo-medio-gerencial> . Acesso em 01/09/2018.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2017.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Manual de Pavimentação Rodoviária**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço – Norma DNIT 031/2006-ES**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Pavimento rígido –**

Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes – Especificações de serviço – Norma DNIT 049/2013-ES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, Patrícia Silva, et al. **Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argiloso siltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis.** In: Reunião Anual de Pavimentação, 44, e Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 18. Foz do Iguaçu : 2015.

GARCÊS, A., et al. **Utilização de material proveniente de fresagem na composição de base e sub-base de pavimentos flexíveis.** In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 17. Goiânia : 2014.

HALLACK, Abdo. **Competitividade do Pavimento de Concreto.** Seminário de Pavimentos Urbanos, 2008. Disponível em: <http://viasconcretas.com.br/cms/wpcontent/files_mf/2008_competitividade_pav_concreto_abdo_hallack.pdf>. Acesso em 01/09/2018.

JUNIOR, Pedro Roberto de Andrade. **Estudo de viabilidade da utilização de material asfáltico reciclado como substituto de agregado graúdo na elaboração de concreto.** ETIC – Encontro de iniciação científica, v. 13, p. 1, 2017.

ROSSATO, Fábio Pereira, et al. **Estudo da utilização de material fresado estabilizado com cimento Portland visando seu emprego em camada de pavimento.** In: Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, 7. Santa Maria : 2013.

SPECHT, Luciano Pivoto, et al. **Utilização de material fresado como camada de pavimento: estudo laboratorial e aplicação em campo.** In: Reunião Anual de Pavimentação, 42, e Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 16.