

**REVISTA**


**ABPV**

Associação Brasileira de Pavimentação



**PAVIMENTAÇÃO**

ANO XII • Nº 46 OUT - DEZ • 2017 • WWW.ABPV.ORG.BR • ISSN 1809 - 1865



**PROCEDIMENTO PARA DOSAGEM DE  
MISTURAS DE RECICLAGEM  
PROFUNDA DE PAVIMENTOS  
ASFÁLTICOS COM ADIÇÃO DE  
CIMENTO PORTLAND**

William Fedrigo  
Thaís Radünz Kleinert  
Gabriel Grassioli Schreinert  
Mario Alexander Castañeda López  
Washington Peres Núñez  
Jorge Augusto Pereira Ceratti

# EXPEDIENTE



## REVISTA PAVIMENTAÇÃO

Ano XII • Nº 46 - Out - Dez 2017  
ISSN 1809 - 1865

Rua Miguel Couto, 105 • Sobrelhojas 204 e 205  
CEP 20070-030 • Rio de Janeiro • RJ  
Tel • (21) 2233-2020 | 2263-5794 Fax • (21) 2233-0709

## CONSELHO EDITORIAL

Diretoria da ABPv

Georgina Libório Azevedo  
georgina@abpv.org.br  
MTb 31365-RJ

## JORNALISTA RESPONSÁVEL

Jean Pierre M. Santiago  
jpierrems@abpv.org.br  
MTb 27170-RJ

## ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO

Presidente • Eng. Eduardo Alberto Ricci  
Vice-Presidente • Eng. José Pedro dos S. Vieira Costa  
Diretor Financeiro • Eng. Leonardo Santana Cavalcanti  
Diretor Administrativo • Eng. Fernando Augusto Junior  
Diretora Técnica • Prof. Michéle Dal Tóe Casagrande  
Diretor de Divulgação • Prof. Luiz Miguel de Miranda

## COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Eng. Alfredo Monteiro de Castro Neto • Eng. Antônio Fortunato Marcon • Eng. Armando Morilha Junior • Eng. Atahualpa Schmitz da S. Prego • Eng. Ben-Hur de Albuquerque e Silva • Eng. Carlos Yukio Suzuki • Eng. Cassio Eduardo Lima de Paiva • Eng. Consuelo Alves da Frota • Eng. Cristiano da Costa Moreira • Eng. Djalma Rocha A. M. Pereira • Eng. Douglas Fadul Villibor • Eng. Edinaldo Afonso M. de Mélo • Eng. Eduardo Alberto Ricci • Eng. Fernando Augusto Junior • Eng. Genésio Almeida da Silva • Arq. Gilda Collet Bruna • Eng. Glicério Trichês • Eng. Heitor Roberto Giampaglia • Eng. Jacques de Medina • Eng. João Vicente Fala-bella Fabrício • Eng. João Virgílio Merighi • Eng. Jorge Augusto Pereira Ceratti • Eng. José Pedro dos S. Vieira Costa • Eng. José Leomar Fernandes Junior • Eng. José Tadeu Balbo • Eng. José Vidal Nardi • Eng. Laura Maria Goretti da Motta • Eng. Leni F. M. Leite • Eng. Leto Momm • Eng. Liedi Legi B. Bernucci • Eng. Luciana Nogueira Dantas • Eng. Luiz Miguel de Miranda • Eng. Marcello Roberto Rangel Pestana • Eng. Márcio Muniz de Farias • Eng. Marcílio Augusto Neves • Eng. Maria da Conceição M. Azevedo • Eng. Michéle Dal Toé Casagrande • Eng. Nilton de Souza Campelo • Eng. Paulo Romeu Assunção Gontijo • Eng. Pre-predigna D. E. Almeida da Silva • Eng. Rita Moura Fortes • Eng.º Rui José da Silva Nabais • Eng. Silvio Rodrigues Filho • Eng. Saul Birman • Eng. Valmir Bonfim • Eng. Walter Canales Sant'ana • Eng. Washington Pérez Nuñez.

Periodicidade • Trimestral

# NOSSA CAPA



SC 453 - Trecho Tangará - Luzerna  
Fotógrafa: Thaís Radünz Kleinert

Envie sua foto para: [abpv@abpv.org.br](mailto:abpv@abpv.org.br)

## SUMÁRIO

EDITORIAL ..... 3

### ARTIGO 1

**PROCEDIMENTO PARA DOSAGEM DE MISTURAS DE RECICLAGEM PROFUNDA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM ADIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND.** . . . 4

William Fedrigo

Thaís Radünz Kleinert

Gabriel Grassioli Schreinert

Mario Alexander Castañeda López

Washington Peres Núñez

Jorge Augusto Pereira Ceratti

### ARTIGO 2

**RECENTES INVESTIMENTOS EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS.** . . . . . 20

Luiz Guilherme Rodrigues de Mello

Cesar Queiroz

### ARTIGO 3

**APLICABILIDADE DA INSERÇÃO DE ESCÓRIA DE COBRE JATEADA EM MISTURAS DE SOLO-CIMENTO PARA CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS.** . . . . . 36

Guilherme Bravo de Oliveira Almeida

Erinaldo Hilário Cavalcante

Michéle Dal Toé Casagrande

### ARTIGO 4

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: ESTUDO DE CASO NA BR 060/MS.** . . . . . 53

Rodrigo Lima Cavalcante

José Leomar Fernandes Junior

David Alex Arancibia Suárez

# EDITORIAL

A Associação Brasileira de Pavimentação apresenta quatro artigos técnicos nesta 46ª edição, sendo eles:

- **PROCEDIMENTO PARA DOSAGEM DE MISTURAS DE RECICLAGEM PROFUNDA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM ADIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND** que apresenta o desenvolvimento de um método de dosagem de materiais reciclados com cimento através de um programa experimental no qual foram avaliadas propriedades mecânicas, volumétricas e de erodibilidade de misturas constituídas por fresado asfáltico, diferentes materiais de base e cimento Portland, variando-se a porcentagem de fresado, o teor de cimento e o tempo de cura dos corpos de prova. Os autores são da UFRGS: William Fedrigo, Thaís Radünz Kleinert, Gabriel Grassioli Schreinert, Mario Alexander Castañeda López, Washington Peres Núñez e Jorge Augusto Pereira Ceratti.
- **RECENTES INVESTIMENTOS EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS** versa sobre a melhoria observada na condição da malha rodoviária federal durante os últimos 10 anos contudo, os autores ao analisarem a crise financeira iniciada no final de 2014 no Brasil verificaram o impedimento de qualquer possibilidade de aplicação dos investimentos necessários para a manutenção da rede rodoviária. O trabalho aborda uma complexa situação no país que poderá, em poucos anos, produzir uma drástica redução da qualidade da malha viária que necessitará de investimentos vultosos em médio prazo. Os autores são: Luiz Guilherme Rodrigues de Mello, da Universidade de Brasília (UnB) e Cesar Queiroz consultor de Infraestrutura em Estradas e Transportes.
- **APLICABILIDADE DA INSERÇÃO DE ESCÓRIA DE COBRE JATEADA EM MISTURAS DE SOLO-CIMENTO PARA CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS** trata-se de uma pesquisa que aborda a questão da escória de cobre proveniente de processo abrasivo gerada pelas indústrias necessitar encontrar um destino apropriado. A utilização desse resíduo na pavimentação pode ser uma alternativa e o estudo apresenta a incorporação da escória de cobre jateada em misturas de solo natural de Sergipe e cimento Portland. Os autores são: Guilherme Bravo de Oliveira Almeida e Erinaldo Hilário Cavalcante do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS), respectivamente e Michéle Dal Toé Casagrande do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).
- **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: ESTUDO DE CASO NA BR 060/MS.** teve por finalidade analisar e comparar Métodos de Levantamento de Defeitos em Pavimentos Flexíveis, em estudo de caso na BR 060/MS (Jardim a Bela Vista), tendo como principais objetivos: analisar as diferenças entre os métodos Brasileiros e dos Estados Unidos considerados para avaliação da condição dos pavimentos; verificar se os métodos de avaliação interferem nas decisões e nos dimensionamentos decorrentes das avaliações. Os autores são: Rodrigo Lima Cavalcante da Universidade de Coimbra, José Leomar Fernandes Junior da USP - São Carlos e David Alex Arancibia Suárez da UFMS.

O envio de artigos, notas técnicas e temas para o Caderno de Tecnologia são aguardados para avaliação e possível publicação.

A Revista Pavimentação é um instrumento disseminador de informações concernentes ao desenvolvimento do nosso país. Participe através do link de submissão que se encontra no site [www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br).

*Conselho Editorial*



# PROCEDIMENTO PARA DOSAGEM DE MISTURAS DE RECICLAGEM PROFUNDA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM ADIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND

**William Fedrigo<sup>1</sup>**  
**Thaís Radünz Kleinert<sup>1</sup>**  
**Gabriel Grassioli Schreinert<sup>1</sup>**  
**Mario Alexander Castañeda López<sup>1</sup>**  
**Washington Peres Núñez<sup>1</sup>**  
**Jorge Augusto Pereira Ceratti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## RESUMO

A reciclagem profunda com adição de cimento Portland é uma técnica de recuperação estrutural e funcional de pavimentos empregada há muitos anos no país, devido a vantagens técnicas, econômicas e ambientais. Contudo, a difusão mais ampla da técnica esbarra na carência de normas e procedimentos nacionais, o que resulta na adoção de variados critérios nos projetos que incluem reciclagem com cimento, às vezes, comprometendo sua eficácia. Desta maneira, o objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um método de dosagem de materiais reciclados com cimento. Para tal, desenvolveu-se um programa experimental no qual foram avaliadas propriedades mecânicas, volumétricas e de erodibilidade de misturas constituídas por fresado asfáltico, diferentes materiais de base (brita graduada simples, brita graduada tratada com cimento, solo-cimento e solo laterítico) e cimento Portland, variando-se a porcentagem de fresado, o teor de cimento e o tempo de cura dos corpos de prova. Os resultados dos ensaios mostraram que o teor de cimento é a variável que mais afeta as misturas estudadas e que a brita graduada simples é o material de base que apresentou o melhor comportamento quando reciclado e estabilizado com cimento. Globalmente, conclui-se que o método de dosagem para reciclagem de pavimentos com adição de cimento indicado neste trabalho é simples o suficiente para ser empregado em laboratórios de canteiros de obra e amplo o bastante para identificar as propriedades mecânicas, volumétricas e de erodibilidade que podem ser avaliadas ao elaborar-se um projeto de mistura reciclada com cimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento. Reciclagem profunda. Cimento Portland. Método de dosagem.

## ABSTRACT

*Full-depth reclamation with Portland cement (FDR-PC) is a technique used for structural and functional rehabilitation of pavements and has been used in Brazil for many years, especially because its technical, economical and environmental advantages. However, a larger diffusion of the technique has been inhibited by the lack of national standards and procedures, resulting in the adoption of different design criteria, which sometimes leads to a low efficiency of the FDR-PC. In this way, the objective of this research was the development of a mix design method for cement-treated recycled materials. An experimental program was carried out aiming on determining mechanical, volumetric and erodibility properties of mixtures made of reclaimed asphalt pavement (RAP), different base materials (graded crushed stone, cement treated crushed stone, soil-cement and lateritic soil) and Portland cement. The effects of RAP percentage, cement content and the curing time were evaluated. Test results showed that cement content is the variable with the strongest effect on the mixtures behavior and that the graded crushed stone was the base material that showed the best behavior when recycled and stabilized with cement. Generally, it can be concluded that the mix design method for FDR-PC proposed in this paper is, simultaneously, simple enough to be used in field laboratories and comprehensive enough for including the mechanical, volumetric and erodibility properties that must be evaluated when designing a mix for FDR-PC.*

**KEYWORDS:** Pavement. Full-depth reclamation. Portland cement. Mix design method.

### 1. INTRODUÇÃO

A reciclagem profunda com adição de cimento Portland é um processo de reconstrução parcial do pavimento no qual os materiais de camadas existentes (geralmente, o revestimento e a base) são reutilizados, a partir de sua mistura com cimento Portland e água. Esta técnica surgiu no Reino Unido após a Segunda Guerra Mundial, e ganhou importância em muitos países a partir dos anos 1980, devido ao desenvolvimento de equipamentos de grande produtividade e elevada tecnologia; ao melhor conhecimento das características mecânicas dos materiais cimentados e do desempenho dos pavimentos semirrígidos; e à crescente preocupação com a preservação do meio ambiente.

No Brasil, a reciclagem profunda de pavimentos com adição de cimento Portland vem sendo aplicada há algumas décadas, sendo que órgãos rodoviários, como os Departamentos de Estradas de Rodagem dos estados de São Paulo e Paraná, o Departamento de Infraestrutura do estado de Santa Catarina, e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes desenvolveram especificações para este tipo de serviço (DER-PR, 2005; DER-SP, 2006; DNIT, 2013; DEINFRA-SC, 2016).

A documentação nacional sobre essa técnica ainda é considerada escassa e por vezes omissa ou contraditória. É possível identificar divergência entre as especificações relacionadas a fatores que influem significativamente na dosagem dos materiais empregados no serviço. Quanto ao teor máximo de material fresado do revestimento, esse é limitado em 50% pelas especificações do DNIT (2013) e do DEINFRA-SC (2016), sendo que o DER-PR (2005) e o DER-SP (2006) não indicam um limite. Em relação à energia de compactação, o DNIT (2013) e o DEINFRA-SC (2016) recomendam o uso da energia modificada, contudo o DER-PR (2005) e o DER-SP (2006) aconselham o emprego da energia intermediária.

O principal parâmetro para a dosagem das misturas é a verificação da resistência aos 7 dias de cura, sendo que o DER-SP (2006) não recomenda um valor ideal para tal propriedade. O DNIT (2013) limita uma faixa entre 2,1 MPa e 2,5 MPa para a resistência à compressão simples (RCS) e entre 0,25 MPa e 0,35 MPa para a resistência à tração por compressão diametral (RCD); o DER-PR (2005) indica um intervalo entre 3,5 MPa e 8,0 MPa para a RCS, mas não define para RCD; já o DEINFRA-SC (2016) aconselha uma RCS superior a 2,5 MPa e um valor de RCD maior do que 0,25 MPa.

Ainda, quanto à granulometria da mistura, parâmetro bastante importante no processo de dosagem, verifica-se que as normas nacionais também não entram em consenso quanto aos limites que a composição granulométrica do material reciclado deve satisfazer. Além de apresentarem várias informações divergentes, as especificações brasileiras também não apresentam um procedimento para dosagem deste tipo de mistura, fornecendo apenas orientações para realização do serviço.

Embora exista uma vasta literatura sobre a reciclagem de pavimentos com adição de cimento (KOLIAS, 1996a; KOLIAS, 1996b; TAHA *et al.*, 2002; WILSON e GUTHRIE, 2011; DIXON *et al.*, 2012; GRILLI *et al.*, 2013; ISOLA *et al.*, 2013; BESSA *et al.*, 2015; JONES *et al.*, 2015; MA *et al.*, 2015; JI *et al.*, 2016; FEDRIGO *et al.*, 2017; GODENZONI *et al.*, 2017), apenas alguns estudos abordam considerações acerca de métodos de dosagem deste tipo de mistura (LUHR *et al.*, 2005; GUTHRIE *et al.*, 2007; YUAN *et al.*, 2011), sendo que, nacionalmente, estudos focando neste tema são bastante escassos (ou mesmo, inexistentes). Desta forma, perduram muitas lacunas no conhecimento sobre o procedimento de dosagem a ser adotado.

Com o objetivo geral de desenvolver e difundir documentação técnica (manuais, normas e procedimentos) sobre a reciclagem profunda de pavimentos com adição de cimento Portland, foi desenvolvido no Laboratório de Pavimentação (LPAV) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) o projeto de pesquisa “Reciclagem de pavimentos com adição de cimento Portland”, sendo que este trabalho é fruto desta ampla pesquisa e tem como objetivo a proposição de um método de dosagem de misturas recicladas com cimento.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Com intuito de propor um método de dosagem para misturas recicladas com cimento, foram realizados ensaios visando a caracterização mecânica, a determinação da variação volumétrica e da erodibilidade de misturas contendo material fresado, diferentes materiais de base e cimento, em diferentes proporções. Esta seção apresenta de forma concisa os materiais e métodos empregados na pesquisa, maiores detalhes podem ser encontrados nos trabalhos de Fedrigo (2015), Kleinert (2016) e Schreinert (2017).

Os ensaios de comportamento mecânico consistiram na determinação da resistência à compressão simples (DNIT, 1998) e da resistência à tração na compressão diametral (DNIT, 2010). Já os ensaios realizados para verificação da variação volumétrica foram: ascensão capilar, expansão e absorção (STANDARDS AUSTRALIA, 1996) e, retração por secagem (STANDARDS AUSTRALIA, 1992). A resistência à erosão das misturas também foi verificada (RTA, 1994).

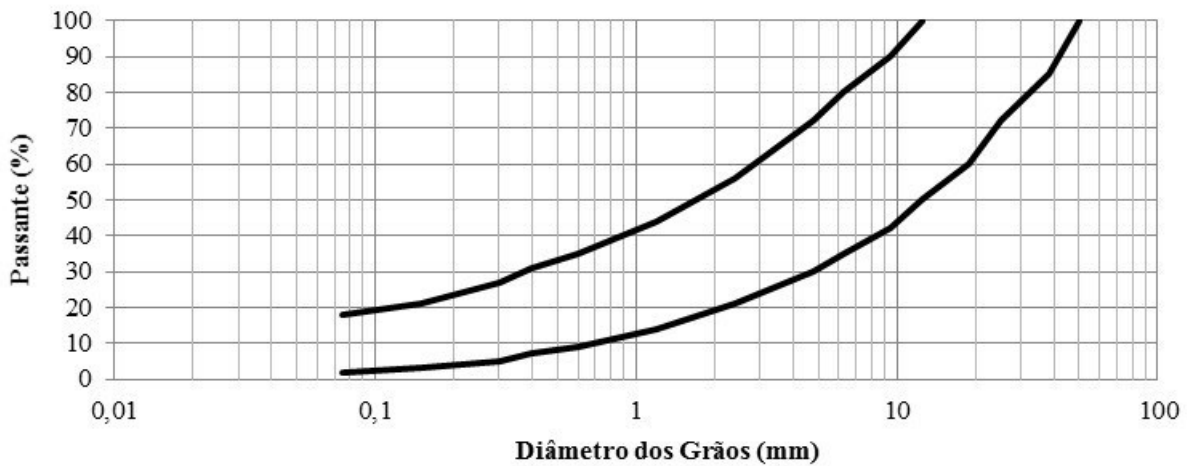
Visando compreender a maior parte de materiais de base empregados na malha rodoviária brasileira, foram estudados os seguintes materiais: brita graduada simples (BGS), brita graduada tratada com cimento (BGTC), solo-cimento (SC) e solo laterítico (SL). O cimento utilizado nas misturas foi o CP II E 32, devido à ampla utilização deste tipo de cimento em serviços de reciclagem de pavimentos no Brasil. A *Association mondiale de la Route* (AIPCR, 2003) e Paiva *et al.* (2013) também recomendam os cimentos compostos para este tipo de serviço.

Na pesquisa, analisou-se a influência do teor de cimento e da porcentagem de fresado nas misturas recicladas. Nas misturas com BGS foi verificada a influência de teores de cimento entre 2% e 4% e de porcentagens de fresado asfáltico entre 20% a 50%, empregando-se um projeto fatorial completo. Já as misturas com os demais materiais de base (BGTC, solo-cimento e solo laterítico) foram ensaiadas com teor de cimento variando entre 1,17 e 6,83% e porcentagem de fresado de 7,57% a 92,43%, empregando-se um projeto composto de segunda ordem.

Quanto à cura e a moldagem dos corpos de prova, salienta-se que foi empregada a energia de compactação modificada e que o tempo de cura variou conforme o ensaio realizado. Desta maneira, as resistências foram verificadas em corpos de prova com 3, 7 e 14 dias de cura; a erodibilidade, assim como o ensaio para determinação da ascensão capilar, expansão e absorção foram realizados aos 7 dias de cura; já a retração por secagem foi verificada aos 4, 7, 14 e 21 dias.

Para verificar a aptidão das misturas à aplicação da técnica, foi utilizada como referência a faixa granulométrica proposta pela Wirtgen (2012), conforme Figura 1. Ressalta-se que foi realizada a correção da granulometria das misturas com 80% e 92,43% de solo-cimento a partir da adição de 20% e 30% de agregado virgem (brita 3/8”), respectivamente. Ainda, dentre as misturas com solo laterítico, apenas aquelas com predominância de material fresado (80 e 92,43%) ficaram dentro da faixa proposta. Porém, desta vez, optou-se por não empregar agregado adicional, já que em algumas delas seria necessária uma grande quantidade de material complementar para correção das curvas, o que descaracterizaria as misturas.

**Figura 1:** Faixa granulométrica para reciclagem de pavimentos com adição de cimento proposta pela Wirtgen (2012)



### 3. RESULTADOS

Como o parâmetro mais empregado e importante na dosagem de misturas recicladas com cimento é a resistência da camada, nesta seção são apresentados os resultados de resistência à compressão simples e resistência à tração na compressão diametral aos 7 dias de cura.

Os resultados são apresentados nas Figuras 2 a 9, estando dispostos em gráficos de interação entre teor de cimento e porcentagem de fresado, a fim de auxiliar na escolha do teor inicial de cimento de acordo com a resistência a ser alcançada aos 7 dias de cura. Ressalta-se que não é realizada uma análise dos mesmos, já que esse não é o objetivo deste trabalho. A análise adequada dos resultados de todas as propriedades estudadas na pesquisa pode ser verificada em Fedrigo (2015), Kleinert (2016) e Schreinert (2017).

Figura 2: RCS em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de brita graduada simples (BGS)

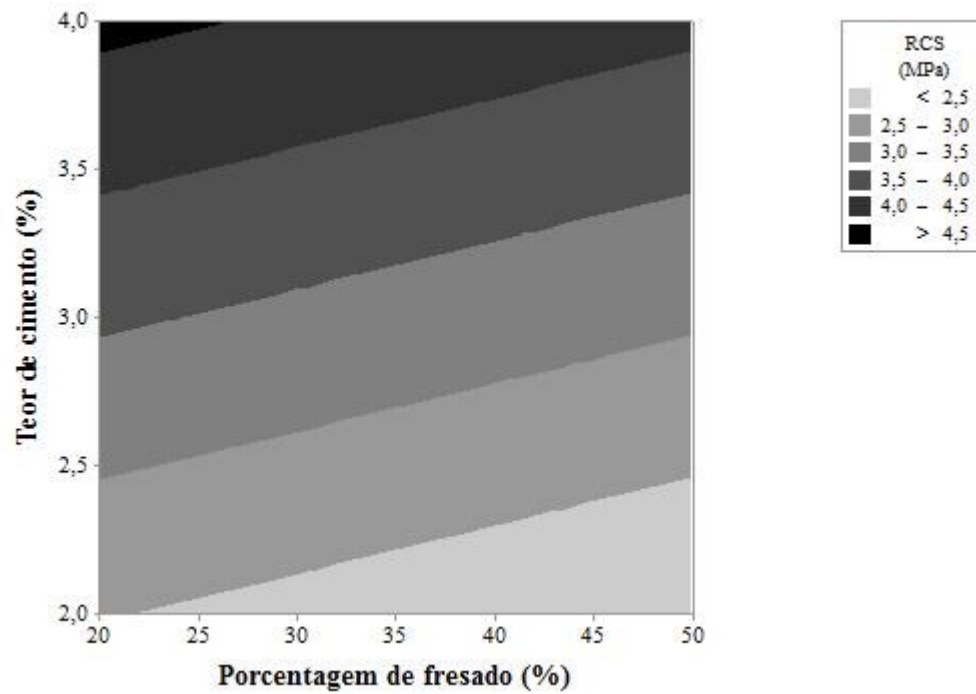


Figura 3: RCD em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de brita graduada simples (BGS)

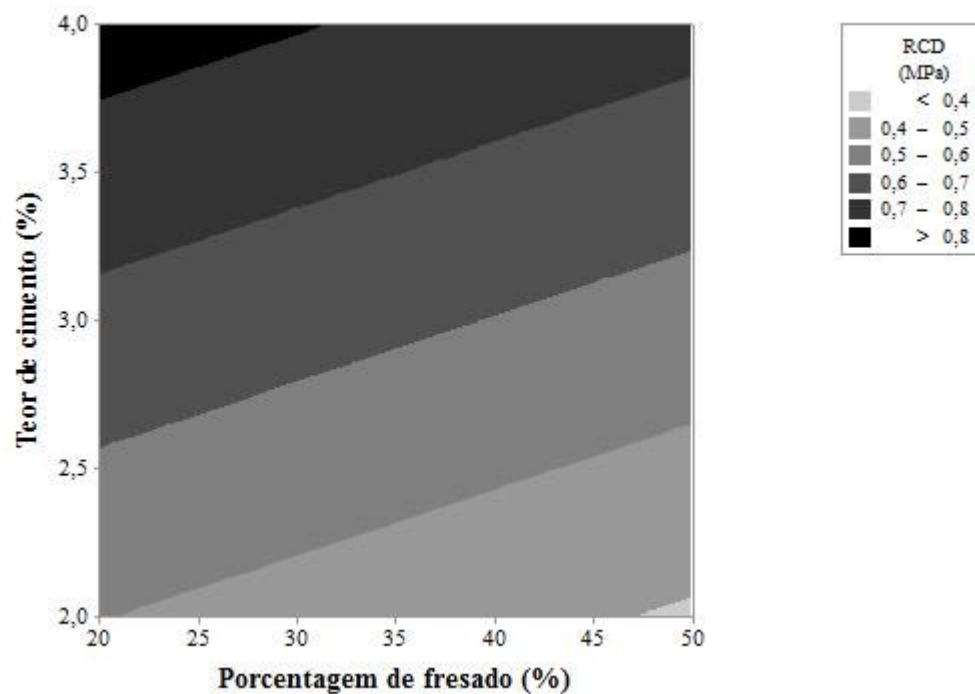


Figura 4: RCS em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de brita graduada tratada com cimento (BGTC)

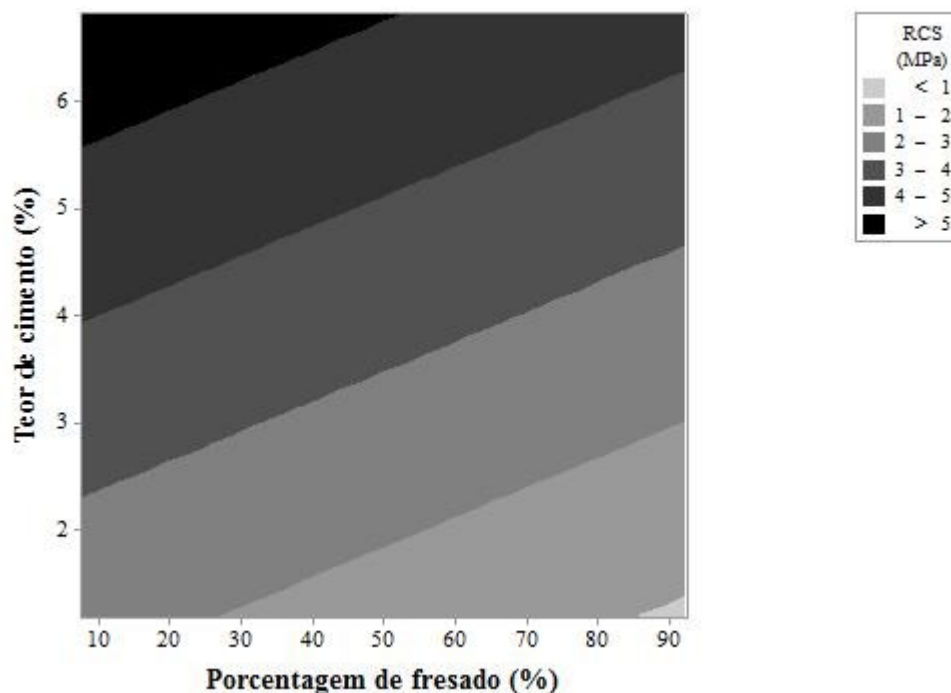


Figura 5: RCD em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de brita graduada tratada com cimento (BGTC)

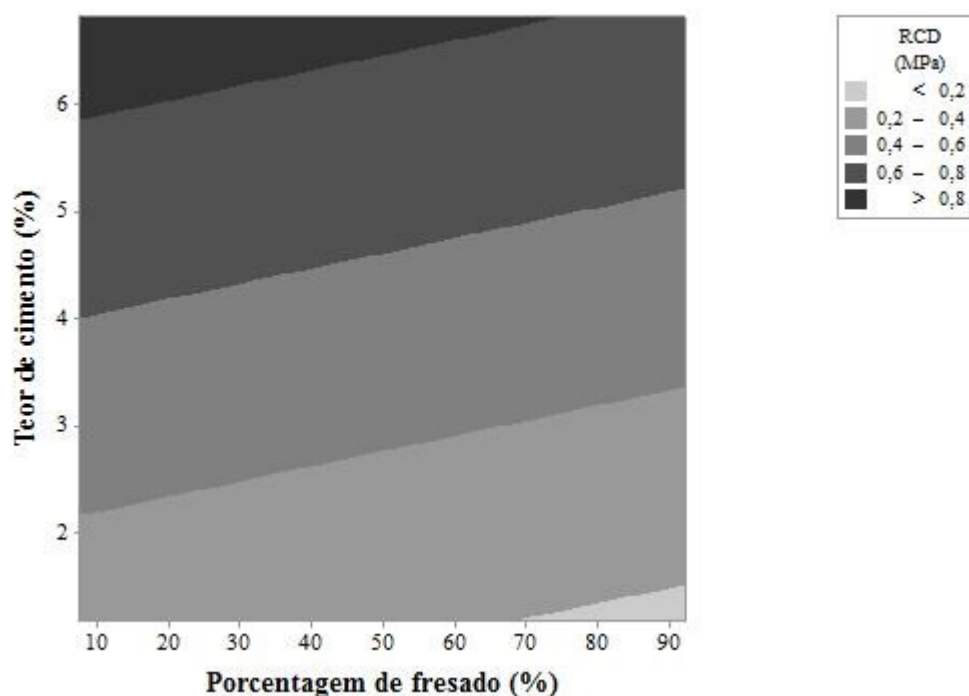


Figura 6: RCS em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de solo-cimento (SC)

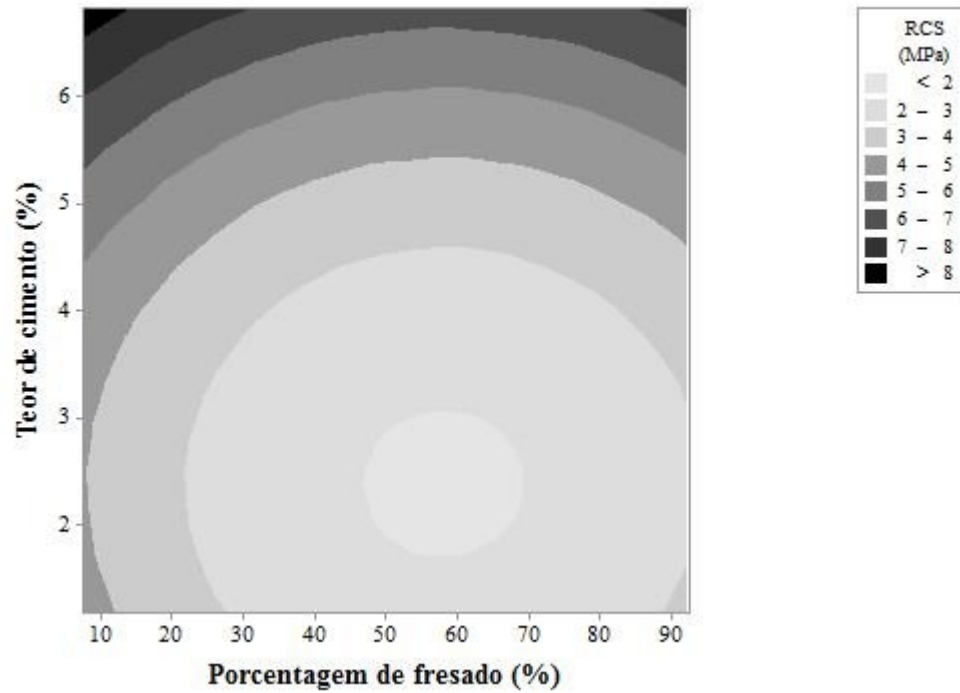


Figura 7: RCD em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de solo-cimento (SC)

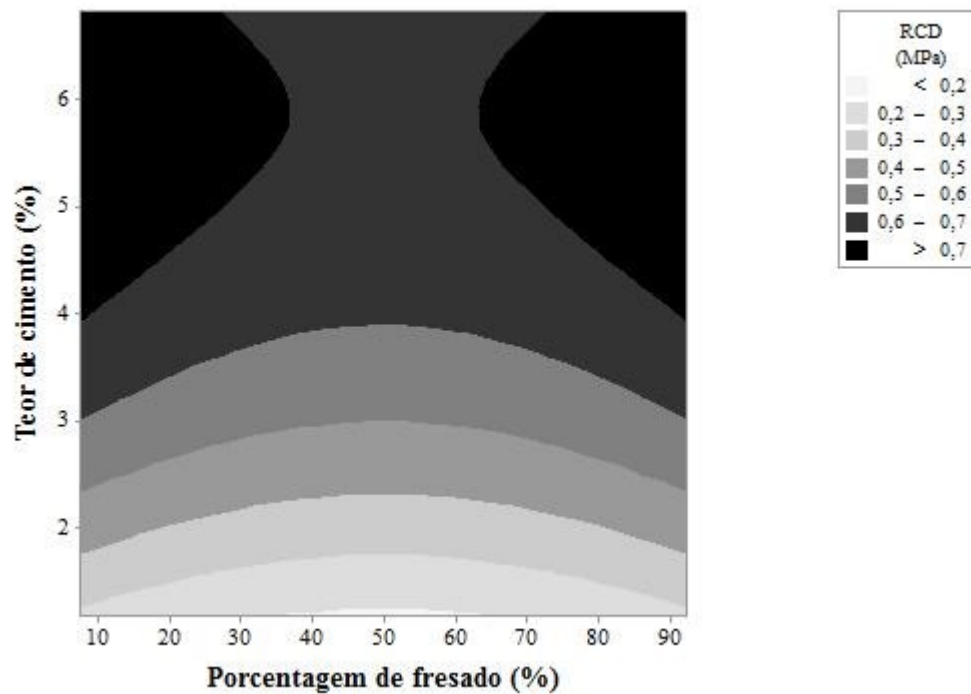


Figura 8: RCS em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de solo laterítico (SL)

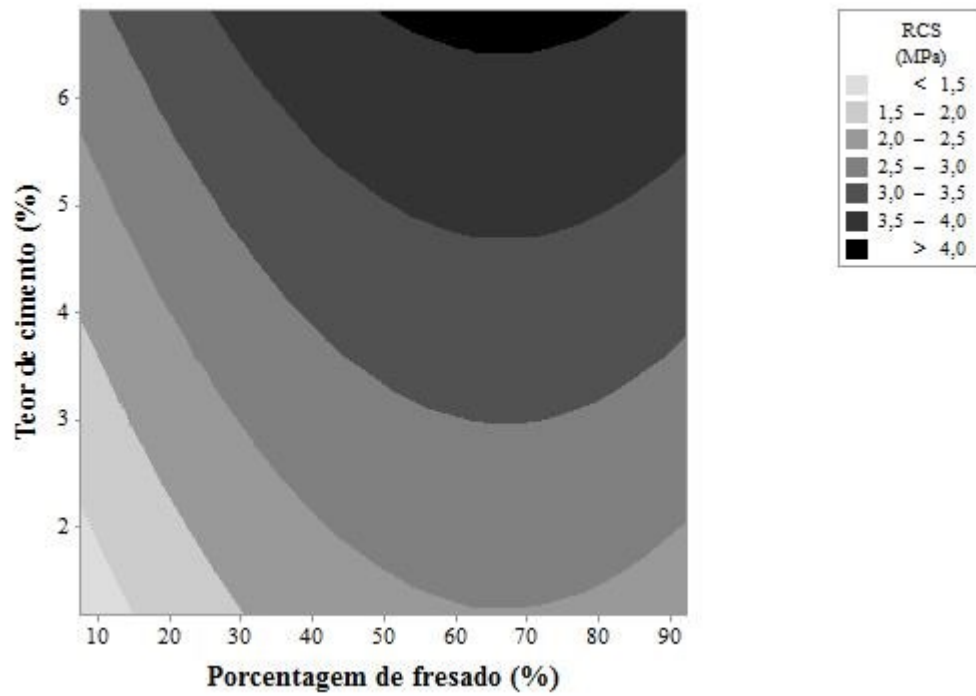
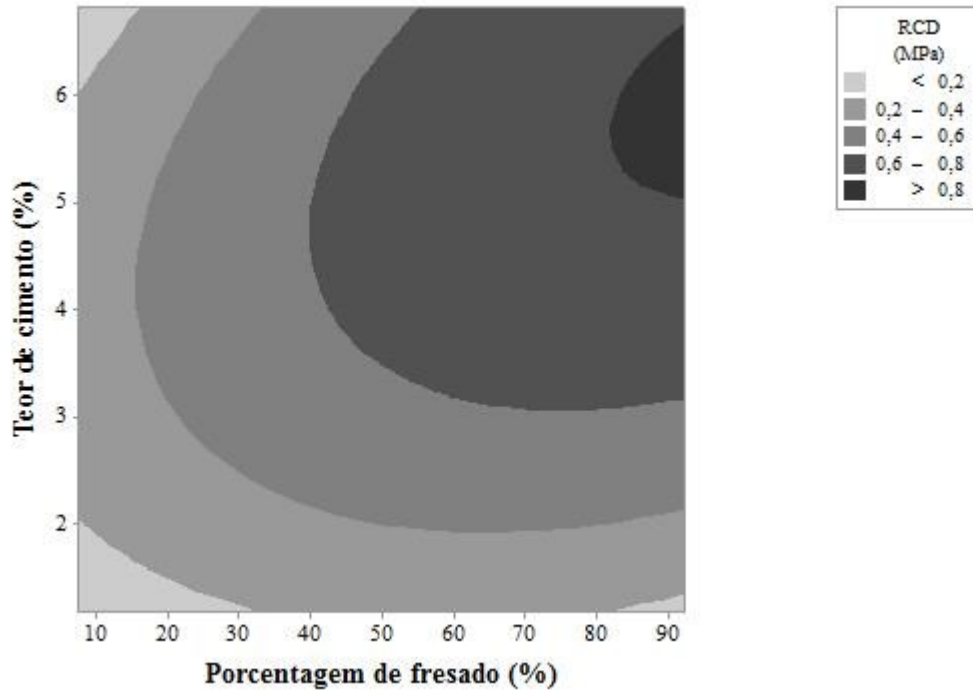


Figura 9: RCD em função do teor de cimento e da porcentagem de fresado para misturas com base de solo laterítico (SL)



#### 4. PROPOSIÇÃO DO MÉTODO DE DOSAGEM

Nesta seção, apresenta-se o método de dosagem para reciclagem de pavimentos com adição de cimento, considerando-se como referência o método de dosagem de materiais estabilizados com cimento da Austroads (2002) e realizando-se adaptações com base nos resultados obtidos nesta pesquisa. O método sugerido é apresentado em formato de fluxograma na Figura 10. A seguir são apresentadas considerações referentes ao procedimento de dosagem sugerido (estas notas estão relacionadas com as etapas do fluxograma da Figura 10 por meio da legenda que apresentam):

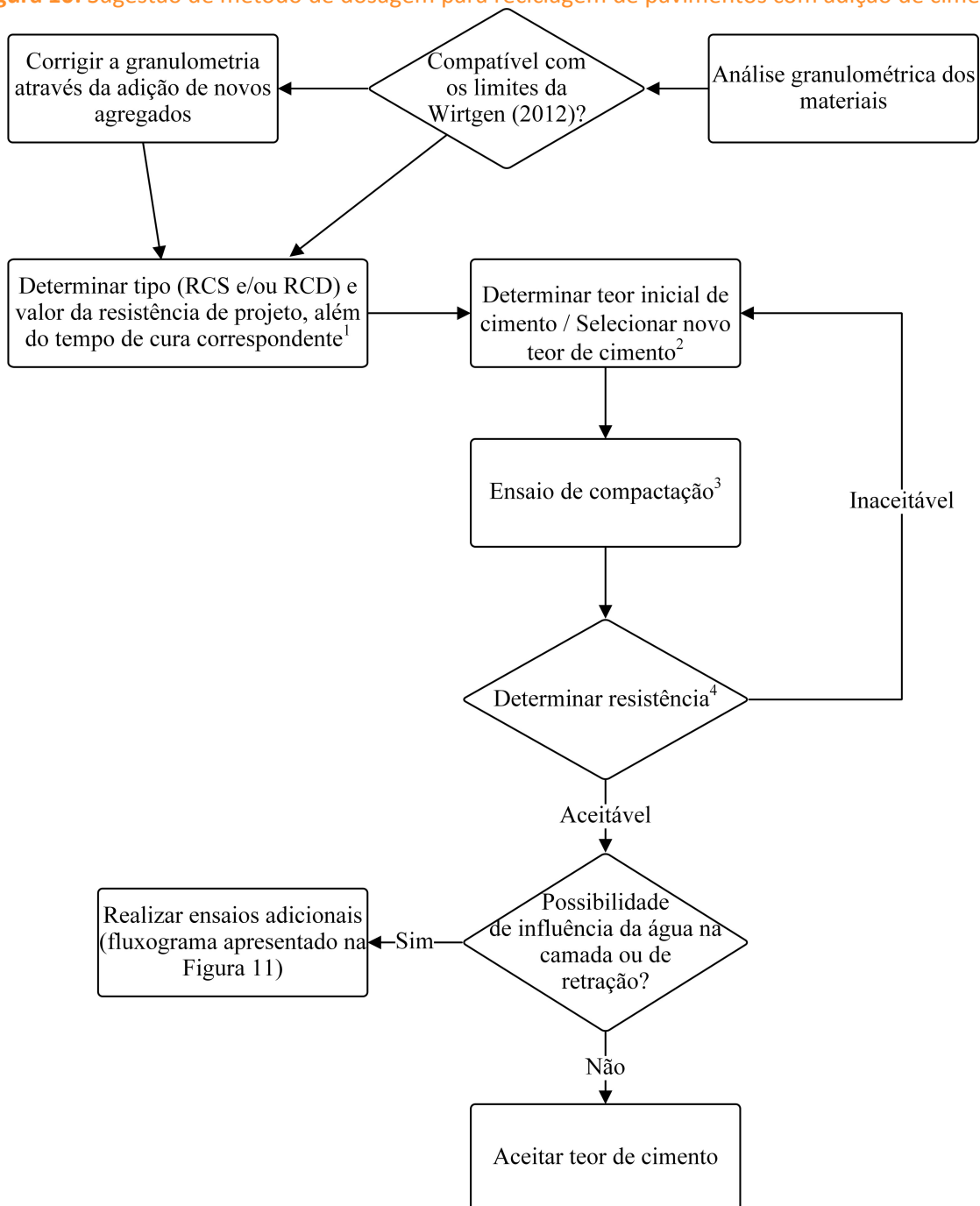
1. Para misturas contendo materiais semelhantes aos empregados nesta pesquisa, sugerem-se valores mínimos de RCS igual a 2,5 MPa e RCD igual a 0,40 MPa, ambos para 7 dias de cura;
2. Para misturas recicladas com cimento contendo materiais semelhantes aos estudados nesta pesquisa, sugere-se a utilização de teores de cimento de até 4%, pois elevadas resistências e rigidezes são obtidas com o emprego de tais teores de cimento. Além disso, o emprego de teores mais elevados, apesar de aumentar significativamente a resistência contra a água, pode agravar os efeitos da retração por secagem e aumentar o custo da obra. Como orientação, sugere-se utilizar os gráficos apresentados nas Figuras 2 a 9 para definição de um teor inicial de cimento, conforme o tipo de material de base do pavimento, a porcentagem de material fresado asfáltico da mistura e a resistência (RCS e/ou RCD) que se deseja alcançar;
3. Sugere-se o emprego de procedimento padrão para determinação do peso específico aparente seco máximo e do teor de umidade ótimo de agregados. Também é sugerida a utilização de energia de compactação equivalente à modificada do ensaio de Proctor, já que tal energia gera grande acréscimo na resistência e rigidez da mistura. Além disso, tal energia também favorece a resistência à umidade e à erosão;
4. A seguir são descritas algumas considerações acerca dos ensaios de RCS e RCD, válidas para misturas semelhantes às estudadas nesta pesquisa:
  - além do teor inicial de cimento, sugere-se a realização de ensaios para outros dois teores, um superior e um inferior ao inicial. Para proceder a moldagem, faz-se uso dos parâmetros de compactação obtidos para o teor intermediário (inicial) de cimento;
  - para ensaios de RCS sugere-se a utilização de corpos de prova cilíndricos com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura;
  - para ensaios de RCD sugere-se a utilização de corpos de prova do tipo Marshall, com dimensões iguais a 10,20 cm de diâmetro e 6,50 cm de altura;
  - devem ser moldados 3 corpos de prova (triplicata) para cada mistura analisada e para cada tempo de cura especificado ou então empregado um planejamento experimental adequado que proporcione confiabilidade aos ensaios;
  - para fins de controle de moldagem, sugere-se tolerância de aceitação para o teor de umidade da mistura de  $\pm 1\%$  e para o valor de peso específico aparente seco do corpo de prova de  $\pm 0,3 \text{ kN/m}^3$ , ambos em relação aos valores ótimos obtidos no ensaio de compactação;
  - a cura dos corpos de prova deve ser realizada preferencialmente em câmara úmida que mantenha a temperatura próxima à 23°C e a umidade relativa acima de 95%;
  - a resistência da mistura será considerada a média das três resistências individuais obtidas. Devem ser descartados os valores individuais que se afastem da média em mais ou menos 10%. O procedi-

mento deve ser repetido até que o valor de resistência individual de, no mínimo, 3 corpos de prova esteja dentro do intervalo citado. Tais considerações podem ser desprezadas, caso seja empregado um planejamento experimental que proporcione confiabilidade aos resultados;

- as taxas de carregamento aplicadas nos ensaios de RCS devem ser iguais a 0,25 MPa/s (ou inferior), para prensas hidráulicas, e a 1 mm/min, para prensas não hidráulicas, seguindo, assim, as orientações das normas DNER-ME 201 (DNIT, 1994a) e DNER-ME 091 (DNIT, 1998);

- a taxa de carregamento aplicada no ensaio de RCD deve ser igual a 0,80 mm/s, seguindo o método da norma DNIT-ME 136 (DNIT, 2010).

Figura 10: Sugestão de método de dosagem para reciclagem de pavimentos com adição de cimento



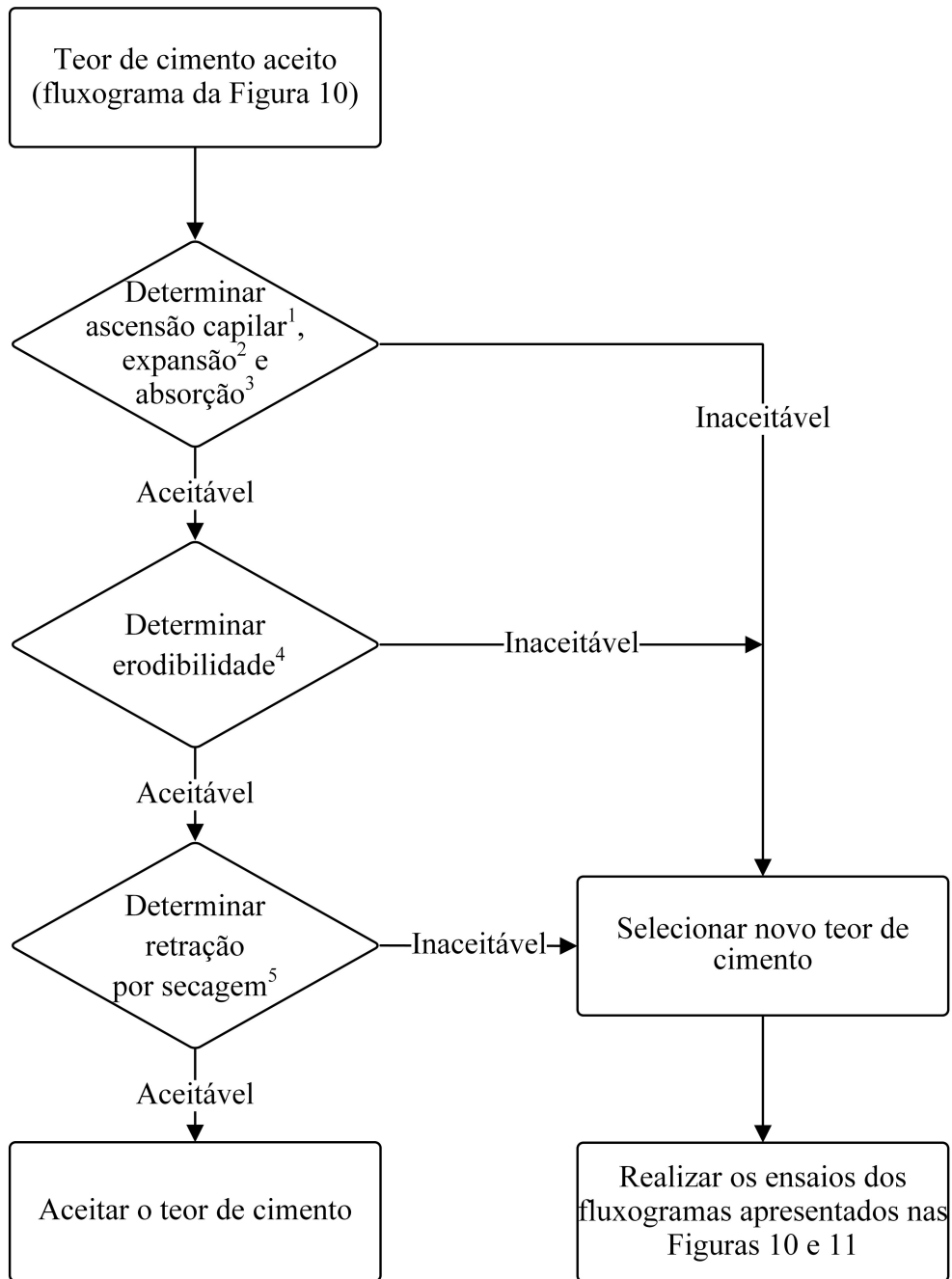
Destaca-se que, apesar de ter sido adotada nesta pesquisa e apresentada no fluxograma da Figura 10, a faixa granulométrica para reciclagem com cimento sugerida pela Wirtgen (2012) pode ser substituída por outra, desde que essa esteja de acordo com a referência normativa adotada no projeto.

Os ensaios de ascensão capilar, absorção, expansão e erodibilidade, apresentados no fluxograma da Figura 11, se tornam muito importantes quando a realização da reciclagem de pavimentos com adição de cimento ocorrer em localidades onde possa existir influência da água na camada reciclada, ou seja, locais em que o lençol freático se encontre próximo da superfície, locais onde existam problemas de drenagem e quando da existência de fluxo lateral (seções em corte). Além disso, a realização do ensaio de retração por secagem é imprescindível quando do emprego de teores de cimento acima de 4% e/ou de materiais que possuam maior fração de finos do que bases compostas por materiais granulares (como é o caso dos solos lateríticos, por exemplo), visto que tais fatores podem agravar consideravelmente os efeitos da retração.

A seguir são apresentadas notas referentes aos ensaios apresentados na Figura 11 (tais notas estão relacionadas com as etapas do fluxograma por meio da legenda que apresentam):

1. Ascensão capilar: Sugere-se a utilização da norma australiana AS 1141.53 (STANDARDS AUSTRALIA, 1996). O limite sugerido pela Austroads (2002) é de 25% da altura total para corpos de prova curados por 7 dias e expostos a uma lâmina d'água de 1 cm de altura por 24 horas. Durante a pesquisa, verificou-se que diversas misturas apresentaram resultados superiores a tal limite, principalmente quando do emprego de teores baixos de cimento e energia intermediária de compactação;
2. Expansão: Sugere-se a utilização da norma australiana AS 1141.53 (STANDARDS AUSTRALIA, 1996). Entretanto, devido a grande variabilidade dos resultados obtidos aplicando-se tal ensaio, também se aconselha que corpos de prova curados por 7 dias que apresentem expansão livre (tipo de expansão medida pelo ensaio sugerido) superior a 1% após 72 horas de exposição à lâmina d'água de 1 cm de altura, sejam ensaiados conforme o método para verificação da expansão descrito na norma DNER-ME 049 (DNIT, 1994), neste método são aplicadas sobrecargas no corpo de prova e este é imerso por um período de 4 dias. Assim, considerando que a camada reciclada será a base do pavimento restaurado, pode-se limitar esta expansão em valor igual a 0,5%;
3. Absorção: Sugere-se a utilização da norma australiana AS 1141.53 (STANDARDS AUSTRALIA, 1996). Devido à inexistência de um limite para absorção por parte da norma australiana e da Austroads (2002), sugere-se a adoção de um valor igual a 2%. A *Highways Agency* (HA, 2006), agência pertencente ao Departamento dos Transportes do Reino Unido, cita tal valor como limite de absorção para misturas de agregados utilizados na fabricação de concreto para pavimentação;
4. Erodibilidade: A norma australiana TM-T186 (RTA, 1994) preconiza a realização do ensaio de erodibilidade, entretanto não sugere valores limites. Assim, a Austroads (2002) define que, quando da necessidade de reduzir-se o máximo possível os problemas de erosão, deve-se objetivar um material que apresente erosão nula, entretanto, pode ser bastante difícil alcançar tal condição. O aumento do teor de cimento e a utilização de uma energia de compactação mais elevada auxiliam na redução da erodibilidade;
5. Retração por secagem: sugere-se a utilização da norma AS 1012.13 (STANDARDS AUSTRALIA, 1992). A Austroads (2002) sugere que para misturas estabilizadas com cimento, o limite de retração seja igual a 200 µm aos 7 dias de cura.

Figura 11: Ensaio adicionais para situações em que a camada reciclada pode vir a sofrer influência da água



## 5. CONCLUSÕES

O método de dosagem proposto, com base na experiência australiana (AUSTROADS, 2002) e nos resultados obtidos nesta pesquisa, é, ao mesmo tempo, simples o suficiente para ser empregado em laboratórios de obra e amplo o bastante para identificar as propriedades mecânicas e volumétricas que devem ser avaliadas ao se elaborar um projeto de mistura reciclada com cimento. Através de sua aplicação pode-se determinar um teor de cimento que gere uma camada resistente, durável e relativamente impermeável, mas não tão rica em cimento a ponto de causar trincamentos por retração, reduzindo a vida útil do pavimento.

O aumento do teor de cimento ocasionou acréscimo de resistência para todas as misturas. A resistência das misturas com base de BGS, BGTC e solo-cimento diminuiu com a porcentagem de fresado asfáltico; efeito contrário foi observado em misturas com solo laterítico. As misturas com BGS como material de base apresentaram as maiores resistências, seguidas pelas misturas com solo-cimento, BGTC e solo laterítico.

Conclui-se que o teor de cimento e a porcentagem de fresado devem ser levados em consideração quando da dosagem de uma mistura reciclada com cimento; sendo o teor de cimento a variável com maior efeito no comportamento dessas misturas. Os resultados de ensaios de ascensão capilar e absorção indicam que o contato prolongado com a água pode afetar o comportamento quanto à variação volumétrica de camadas recicladas com cimento. Neste quesito, apenas as misturas com BGS como material de base apresentaram um desempenho satisfatório.

A partir do método proposto, enfatiza-se que, muitas vezes, a resistência não é a única propriedade a ser considerada na dosagem de misturas recicladas com cimento. Algumas misturas, apesar de apresentarem valores de resistência aceitáveis, podem manifestar problemas ligados à retração e/ou erosão, quando expostas a variações de umidade. Além disso, salienta-se a importância da realização de ensaios para determinação do módulo de resiliência e da vida de fadiga das misturas, de forma a possibilitar o adequado dimensionamento da camada reciclada com cimento, o qual geralmente é realizado de maneira empírica, podendo comprometer a eficácia da técnica.

Destaca-se que está em andamento a elaboração de um projeto de norma sobre o método de dosagem proposto neste trabalho, assim como para os ensaios estrangeiros empregados no método.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos bolsistas, técnicos, funcionários, pesquisadores e professores dos laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) envolvidos na pesquisa: Laboratório de Pavimentação (LPAV), Laboratório de Estruturas e Modelos Estruturais (LEME) e Laboratório de Geotecnologia (LAGEOTEC). Estendem-se os agradecimentos aos parceiros na pesquisa: Tecnopav, Wirtgen, Grupo EcoRodovias, Grupo CCR, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIPCR (2003) *AIPCR 78.02.BFR – Recyclage des chaussées (guides)*. Association Mondiale de la Route, Paris.
- AUSTROADS (2002) *AP-T16 – Mix design for stabilised pavement materials: Austroads Publication AP-T16*. Sydney.
- BESSA, I. S.; ARANHA, A. L.; VASCONCELOS, K. L.; SILVA, A. H. M.; BERNUCCI, L. L. B. (2015) *Laboratory and field evaluation of recycled unbound layers with cement for use in asphalt pavement rehabilitation*. *Materials and Structures*, 2015, 49 (7), 2669-2680.
- DEINFRA-SC (2016) *DEINFRA-SC-ES-P 09/16 – Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos – Especificação de serviços rodoviários*. Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.
- DER-PR (2005) *DER/PR ES-P 33/05 – Pavimentação: Reciclagem de pavimento in situ com adição de cimento*. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná, Curitiba.
- DER-SP (2006) *IP-DE-P00/01 – Projeto de pavimentação – Instrução de Projeto*. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, São Paulo.
- DIXON, P. A.; GUTHRIE, W. S.; EGGETT, D. L. (2012) *Factors affecting strength of road base stabilized with cement slurry or dry cement in conjunction with full-depth reclamation*. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2310, p. 113-120, 2012.
- DNIT (1994) *DNER-ME 049/94 – Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- DNIT (1998) *DNER-ME 091/98 – Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- DNIT (2010) *DNIT 136/2010 – ME – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- DNIT (2013) *DNIT 167/2013 – ES – Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland – Especificação de Serviço*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro.
- FEDRIGO, W. (2015). *Reciclagem de pavimentos com adição de cimento Portland: Definição das bases para um método de dosagem*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – UFRGS, Porto Alegre, 162 p.
- FEDRIGO, W.; NÚÑEZ, W. P.; KLEINERT, T. R.; MATUELLA, M. F.; CERATTI, J. A. P. (2017) *Strength, shrinkage, erodibility and capillary flow characteristics of cement-treated recycled pavement materials*. *International Journal of Pavement Research and Technology*. 2017, 10 (5), 393-402.
- GODENZONI, C.; GRAZIANI, A.; BOCCI, E.; BOCCI, M. (2017) *The evolution of the mechanical behaviour of cold recycled mixtures stabilised with cement and bitumen: field and laboratory study*. *Road Materials and Pavement Design*. DOI: 10.1080/14680629.2017.1279073.
- GRILLI, A.; BOCCI, E.; GRAZIANI, A. (2013) *Influence of reclaimed asphalt content on the mechanical behaviour of cement-treated mixtures*. *Road Materials and Pavement Design*. 2013, 14 (3), 666-678.
- GUTHRIE, W. S.; BROWN, A. V.; EGGETT, D. L. (2007) *Cement stabilization of aggregate base material blended with reclaimed asphalt pavement*. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2007, 2026, 47-53.
- HA (2006) *Manual of Contract Documents for Highway Works – Volume 1 Specification for highway Works: Series 1000 – Road pavements – Concrete materials*. Highways Agency, London.

- ISOLA, M.; BETTI, G.; MARRADI, A.; TEBALDI, G. (2013) *Evaluation of cement treated mixtures with high percentage of reclaimed asphalt pavement*. Construction and Building Materials. 2013, 48, 238-247.
- JI, X.; JIANG, Y.; LIU, Y. (2016) *Evaluation of the mechanical behaviors of cement-stabilized cold recycled mixtures produced by vertical vibration compaction method*. Materials and Structures. 2016, 49 (7), 2257-2270.
- JONES, D.; WU, R.; LOUW, S. (2015) *Comparison of full depth reclamation with Portland cement and full depth reclamation with no stabilizer in an accelerated loading test*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2015, 2524, 133-142.
- KLEINERT, T. R. (2016) *Reciclagem de pavimentos semirrígidos com adição de cimento: contribuição ao desenvolvimento de um método de dosagem*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – UFRGS, Porto Alegre, 177 p.
- KOLIAS, S. (1996a) *Mechanical properties of cement-treated mixtures of milled bituminous concrete and crushed aggregates*. Materials and Structures. 1996, 29, 411-417.
- KOLIAS, S. (1996b) *The influence of the type of loading and temperature on the modulus of elasticity of cement-bound mixes of milled bituminous concrete and crushed aggregates*. Materials and Structures. 1996, 29, 543-551.
- LUHR, D. R.; ADASKA, W. S.; HALSTED, G. E. (2005) *Guide to Full-Depth Reclamation (FDR) with Cement*. PCA - Portland Cement Association, Illinois, EUA.
- MA, T.; WANG, H.; ZHAO, Y.; HUANG, X. (2015) *Laboratory investigation on residual strength of reclaimed asphalt mixture for cold mix recycling*. International Journal of Pavement Research and Technology. 2015, 8 (10), 17-22.
- PAIVA, C. E. L.; OLIVEIRA, P. C. A.; BONFIM, V. (2013) *As perspectivas de reabilitação de pavimentos no estado de São Paulo – Brasil: Enquadramento e técnicas usuais*. Construção Magazine. 2013, 53, 34-38.
- RTA (1994) *TM-T186 – Determination of the Erodibility of Stabilized Materials: Test Method T186 Draft*. Roads and Traffic Authority, Sydney.
- SCHREINERT, G. G. (2017) *Reciclagem de pavimentos com adição de cimento: comportamento mecânico de misturas contendo fresado asfáltico e solo laterítico*. Trabalho de diplomação (Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 101 p.
- STANDARDS AUSTRALIA (1992) *AS 1012.13-1992 – Determination of the drying shrinkage of concrete for samples prepared in the field or in the laboratory*. Standards Australia, Strathfield.
- STANDARDS AUSTRALIA (1996) *AS 1141.53-1996 – Method for sampling and testing aggregates: method 53: absorption, swell and capillary rise of compacted materials*. Standards Australia, Strathfield.
- TAHA, R.; AL-HARTY, A.; AL-SHAMSI, K.; AL-ZUBEIDI, M. (2002) *Cement stabilization of reclaimed asphalt pavement aggregate for road bases and subbases*. Journal of materials in civil engineering. 2002, 14 (3), 239-245.
- WILSON, B.T., GUTHRIE, W. S. (2011) *Strength and deformation characteristics of cement-treated reclaimed pavement with a chip seal*. Transportation Research Redord: Journal of the Transportation Research Board. 2011, 2212, 100-109.
- WIRTGEN (2012) *Reciclagem a frio: Tecnologia de reciclagem a frio Wirtgen*. Windhagen, Alemanha.
- YUAN, D.; NAZARIAN, S.; HOYOS, L. R.; PUPPALA, A. J. (2011) *Evaluation and mix design of cement-treated base materials with high content of reclaimed asphalt pavement*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2011, 2212, 110-119.



## RECENTES INVESTIMENTOS EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS

Luiz Guilherme Rodrigues de Mello<sup>1</sup>  
Cesar Queiroz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Brasilia, Brazil. . [luizguilherme@unb.br](mailto:luizguilherme@unb.br)

<sup>2</sup> Consultant, Roads and Transport Infrastructure.  
[queiroz.cesar@gmail.com](mailto:queiroz.cesar@gmail.com)

**RESUMO**

A malha rodoviária brasileira vem aumentando nos últimos anos de forma tímida, apesar do salto observado durante o governo militar, na década de 70. Uma maioria caracteriza-se por ser rodovia vicinal, ainda sem pavimento. A malha federal, por outro lado, é em sua maior parte pavimentada. O Brasil decidiu investir mais recursos em manutenção e na recuperação da malha, aumentando os investimentos em seis vezes, comparando-se com o período do final da década de 90. Esse incremento teve reflexo direto na qualidade da rede rodoviária.

Nesse contexto, a melhoria observada na condição da malha rodoviária federal foi impactante quando se observa os últimos 10 anos. A continuidade de investimentos públicos permitiu a renovação do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos, visando sua aplicação a longo prazo. Diante das perspectivas criadas, a malha federal estaria, enfim, apta a receber investimentos planejados de acordo com as melhores técnicas. Contudo, a crise financeira iniciada no final de 2014 no Brasil impediu qualquer possibilidade de aplicação dos investimentos necessários para a manutenção da rede rodoviária.

Atualmente, os investimentos estão aquém do mínimo necessário e, além disso, a falta de planejamento pode afetar ainda mais a qualidade dos pavimentos. Soma-se a isso os aumentos de preços dos ligantes asfálticos que há muito estavam defasados, mesmo considerando a queda internacional do preço do petróleo. O Brasil, portanto, encontra-se numa complexa situação que irá, em poucos anos, produzir uma drástica redução da qualidade da malha viária e que necessitará de investimentos vultosos em médio prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** manutenção, pavimento, investimento .

**ABSTRACT**

*The Brazilian highway network has been increasing in recent years timidly, despite the jump observed during the military government in the 70's. A vast majority characterized by county roads and their still missing paving. The federal network, on the other hand, is mostly paved. Brazil has decided to invest more resources in maintenance and recovery of the mesh, increasing investment in six times, compared with the period of the late 90's. This increase had a direct impact on the quality of the highway network.*

*In this context, the improvement in the federal highway network condition was impactful when it is observed the last 10 years. The continuity of public investment allowed the renewal of the Pavement Management System, for their long-term application. Faced with the prospects created, the federal network would, at last, was able to receive planned investments in accordance with the best techniques. However, the financial crisis that began in late 2014 in Brazil prevented any possibility of applying the necessary investments to maintain the road network.*

*Currently, investments are below the minimum necessary and, even more, the lack of planning can further affect the quality of pavements. Added to this the recent asphalt binders price increases were long delayed, even considering the international fall in oil prices. Brazil, therefore, is facing a complex situation that will, in a few years, result a drastic reduction in the quality of the road network, which will require huge investments in the medium term.*

**KEYWORDS:** maintenance, pavement, Investments.

## 1. INTRODUÇÃO

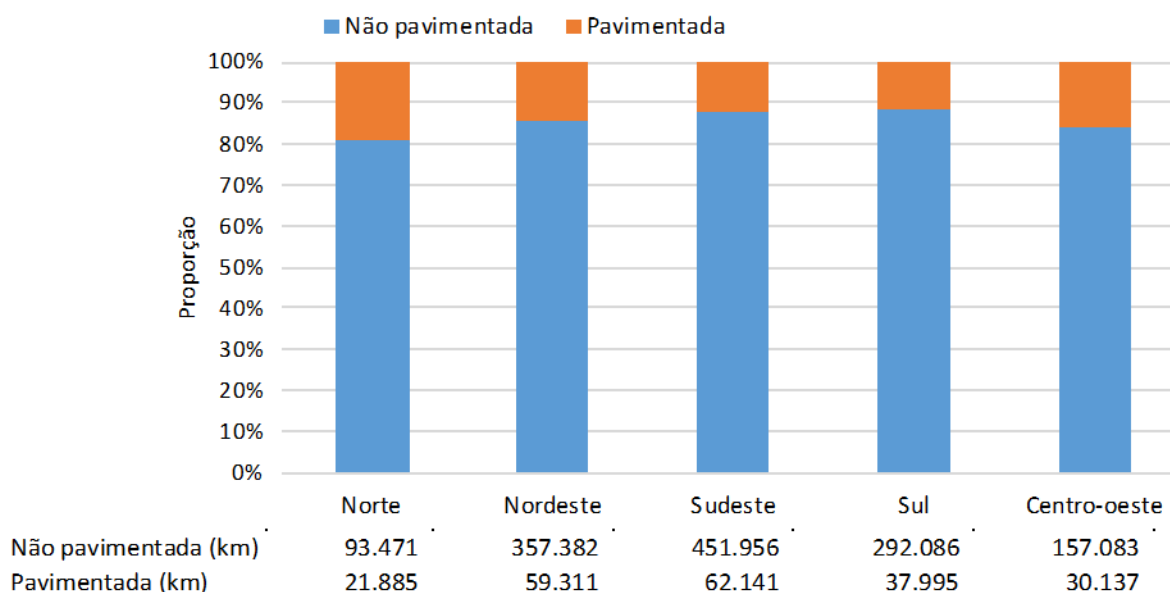
O Brasil possui uma malha rodoviária de 1,56 milhões de km de rodovias no âmbito federal, estadual e municipal. Do total das rodovias implantadas, apenas 16% são pavimentadas considerando que a maioria das rodovias municipais não possuem pavimentos. Observando a distribuição regional do país, grande parte das rodovias não pavimentadas encontra-se no estado do sudeste, região que concentra a maior malha viária, conforme se observa na Figura 1 (DNIT, 2017a).

Por outro lado, no âmbito federal, grande parte das rodovias são pavimentadas (85%), considerando um total de aproximadamente 76.000 km. Desse total, cerca de 12.400 km estão sendo operadas por concessionárias que cobram pedágios para manter e ampliar as rodovias ou estão delegadas aos estados, enquanto que o restante tem a manutenção custeada por recursos federais. O último levantamento realizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes (DNIT), em 2017, demonstra que a rede viária sob responsabilidade do governo possui 53% em estado bom, 25% regular e 23% como ruim. Saber o montante de recursos aplicados na infraestrutura rodoviária e os resultados alcançados é fundamental para qualquer governo. Porém, segundo dados da OECD (2013), diversos problemas foram identificados em vários países na medição dos investimentos realizados na infraestrutura rodoviária. A participação de agentes privados na operação e manutenção de rodovias aumenta ainda mais a complexidade em obter informações relativas aos dispêndios realizados, tendo em vista que em alguns casos esses dados não estão disponíveis.

Um dos problemas é identificar qual o valor do patrimônio a ser conservado pelo governo. No caso de rodovias federais, esse valor é facilmente obtido pela aplicação dos custos médios gerenciais utilizados para estimativas básicas de alguns empreendimentos. De posse da extensão da rede viária, considerando suas particularidades (pista simples, duplicada, etc.) e considerando o valor do patrimônio como novo, estima-se que o valor do patrimônio implantado é de aproximadamente R\$ 170 bilhões (USD 53,12 bilhões). Porém, deve-se considerar que as condições das infraestruturas que constituem as rodovias não estão novas, o que irá reduzir o valor real do patrimônio avaliado. De qualquer forma, o montante final é representativo e indica a importância que deve ser dada ao trabalho de manutenção da rede viária.

Portanto, considerando o papel chave que a infraestrutura de transportes tem na economia de um país, sendo conhecida como a espinha dorsal da economia moderna, segundo a própria OECD (2013), conhecer os investimentos em manutenção de rodovias no Brasil ao longo dos anos e observar os resultados obtidos passa a ser um caminho obrigatório para um melhor planejamento futuro. Nesse contexto, este trabalho irá focar o apanhado histórico, os tipos de intervenções que estão sendo realizadas e as propostas para melhoria da gestão da manutenção apenas relativas às rodovias federais, ainda que existam problemas similares no âmbito estadual e municipal.

*Figura 1 – Extensão da malha pavimentada e não pavimentada por região.*



## HISTÓRICO DE INVESTIMENTOS

O órgão originalmente responsável pela construção, operação e manutenção da rede viária brasileira foi o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), fundado em 1937. Porém, antes mesmo de sua criação, o governo brasileiro já havia criado um fundo especial para o financiamento para a construção de rodovias. O resultado ainda tímido pode ser visto pela extensão de 423 km de rodovias federais e estaduais pavimentadas em meados da década de 40. Já em 1945 foi publicado o Decreto-Lei nº 8,463, conhecida como Lei Joupert, em função do nome do Ministro dos Transportes à época Maurício Joupert da Silva. Este ato criou o Fundo Rodoviário Nacional cujos recursos para a infraestrutura formaram a base da engenharia rodoviária brasileira. O DNER, então, foi um importante centro de pesquisa e desenvolvimento de normativos que contribuíram de forma significativa para a engenharia rodoviária no país.

O ápice dessa história aconteceu no final década de 70 e início da década de 80, quando o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) juntamente com o Governo Brasileiro patrocinou um estudo visando auxiliar países com restrições orçamentárias a melhor gerir o sistema rodoviário (Queiroz, 1984). Esse estudo ficou conhecido mundialmente pela extensão e profundidade dos resultados obtidos. Em função das grandes construções realizadas nas décadas de 50, 60 e 70, com um incremento significativo da extensão da malha rodoviária federal em todo o país, observou-se que os pavimentos das rodovias federais estavam alcançando o estágio final de suas serventias, necessitando de investimentos significativos e otimizados para manter um nível adequado de atendimento aos usuários (Schliessler & Bull, 1992). Para se ter uma ideia do tamanho de investimento realizado, entre 1950 e 1980 o Brasil passou de 1.000 km de rodovias federais pavimentadas em 1950 para 47.000 km em 1980 (DNIT, 2017b).

Apesar de já praticar a desvinculação tributária desde 1975, em 1988, com a promulgação da nova Constituição Federal, a vinculação de recursos oriundos dos impostos para aplicação em infraestrutura rodoviária não foi mais possível. Esse evento confirmou, junto com as crises internacionais e internas do Brasil, a caracterização de um período de baixos investimentos na manutenção de rodovias e, conseqüentemente, a uma deterioração significativa da condição da malha rodoviária brasileira. Nesse ínterim, o DNER foi extinto e em seu lugar o DNIT foi criado, assumindo, também, a responsabilidade sobre outros modais, como o ferroviário e o aquaviário.

A tentativa de criar uma taxa específica para financiar projetos ligados à infraestrutura veio com a criação da chamada CIDE (contribuição individual de domínio econômico) aplicada sobre as transações de derivados de petróleo, em 2001. Apesar do objetivo estar coerente com a necessidade, na prática a arrecadação não era aplicada integralmente na infraestrutura rodoviária. Além disso, o governo suspendeu a cobrança em 2012, o que reduziu drasticamente a arrecadação federal. Antes da suspensão, em 2011, a arrecadação total da CIDE ficou em R\$ 9,15 bilhões (RF, 2011).

Desde a estabilização da moeda brasileira, ocorrida em 1994, até 2015 o DNER e o DNIT investiram pouco mais de R\$ 42 bilhões (USD 21,90 bilhões) para manutenção da malha viária federal. Nesse mesmo período a malha federal passou de 51.000 km para 59.000 km. A Tabela 1 apresenta de forma mais detalhada esses dados.

Tabela 1 - Valores dos gastos em manutenção para rodovias federais (em milhões).

Ano	R\$ (x10 <sup>6</sup> )	Ano	R\$ (x10 <sup>6</sup> )	Ano	R\$ (x10 <sup>6</sup> )	Ano	R\$ (x10 <sup>6</sup> )
1995	354,82	2001	818,96	2007	2.316,50	2013	4.065,47
1996	464,84	2002	530,04	2008	1.733,65	2014	5.664,52
1997	462,43	2003	587,19	2009	3.719,54	2015	2.469,52
1998	436,91	2004	777,00	2010	6.073,79	2016	4.574,00
1999	457,32	2005	1.510,86	2011	4.453,03	2017	3.502,00
2000	608,28	2006	2.107,70	2012	3.002,66		

\*Valores até novembro de 2017 (fonte: DNIT, 2017c ).

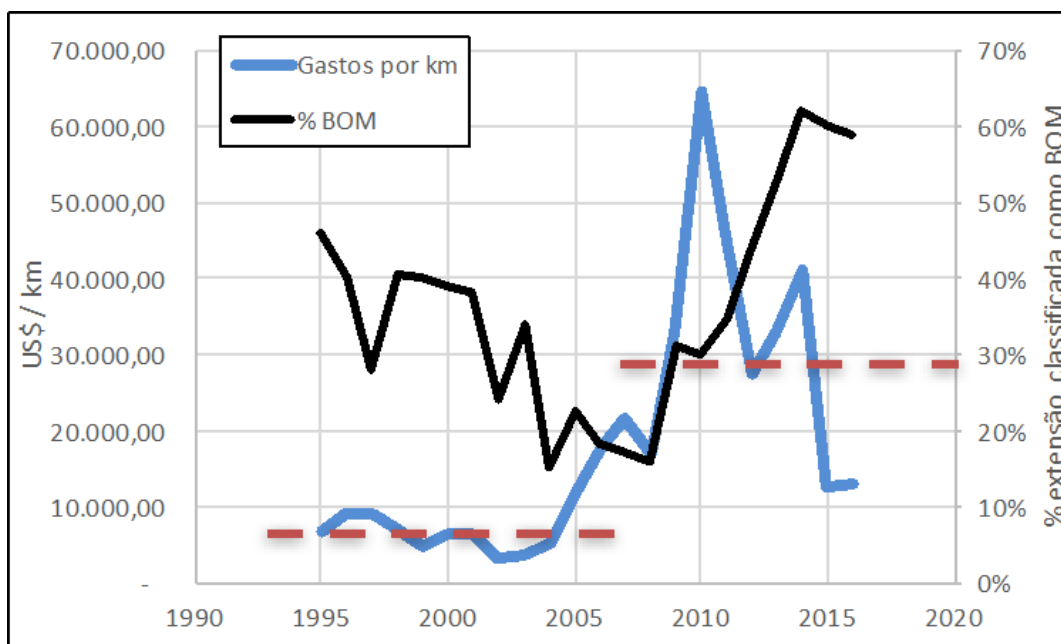
Transformando o valor investido para dólar americano de acordo com as respectivas cotações do ano em que o investimento foi realizado e considerando a malha pavimentada existente à época, o montante médio de recursos aplicados para cada quilômetro de rodovia foi de USD 18.600,0/ano variando entre USD 3.100,0 e USD 64.000,0. Não estão disponibilizados dados referente aos investimentos em rodovias federais separando a condição do leito, ou seja, pavimentada e não pavimentada. Dessa forma, para rodovias pavimentadas espera-se que o valor acima tenha sido, na realidade, menor em função de parte dos gastos terem sido feitos em rodovias federais não pavimentadas.

Entretanto, esse valor serve como referência para avaliar o investimento em manutenção realizado em contraponto ao investimento realizado em construção de obras novas. Nesse caso, considerando, por exemplo, os dados referentes entre 1995 e 1999 o investimento em construção de novas obras foram, em média, 75% maiores que aqueles em manutenção nesse período (Firmino & Wright, 2001). O mesmo foi observado entre 2009 e 2014, quando novas obras receberam 25% a mais de investimentos quando comparado com manutenção das rodovias existentes (DNIT, 2017).

Esses dados demonstram uma política equivocada do governo frente a real necessidade de investimento em rodovias. Segundo Schliessler & Bull (1992), uma proporção ideal de investimentos em rodovias com características similares às da América Latina deve seguir a relação em que a manutenção receba 2/3 dos investimentos chamados de habituais ou de manutenção, enquanto que novas obras tenham o 1/3 restante. Como consequência, considerando os dados disponibilizados pelo DNIT, em 1992 havia 46% do pavimento das rodovias federais em bom estado, caindo para 15% em 2001. Essa brusca queda na qualidade das rodovias só foi alterada quando houve uma mudança no patamar de investimentos em manutenção.

Observando a Figura 2 a curva de investimento em manutenção nos últimos 20 anos está caracterizada por dois patamares distintos, cujo o divisor é o ano de 2005. Os dados mostram que os valores investidos na última metade desse período triplicaram comparando-se com a primeira metade. Entretanto, os gastos voltados para a construção de novas obras também foram incrementados, mantendo parcelas acima daquelas voltadas para manutenção. Esse quadro, portanto, não resultou numa melhoria estrutural da rede rodoviária, como veremos adiante.

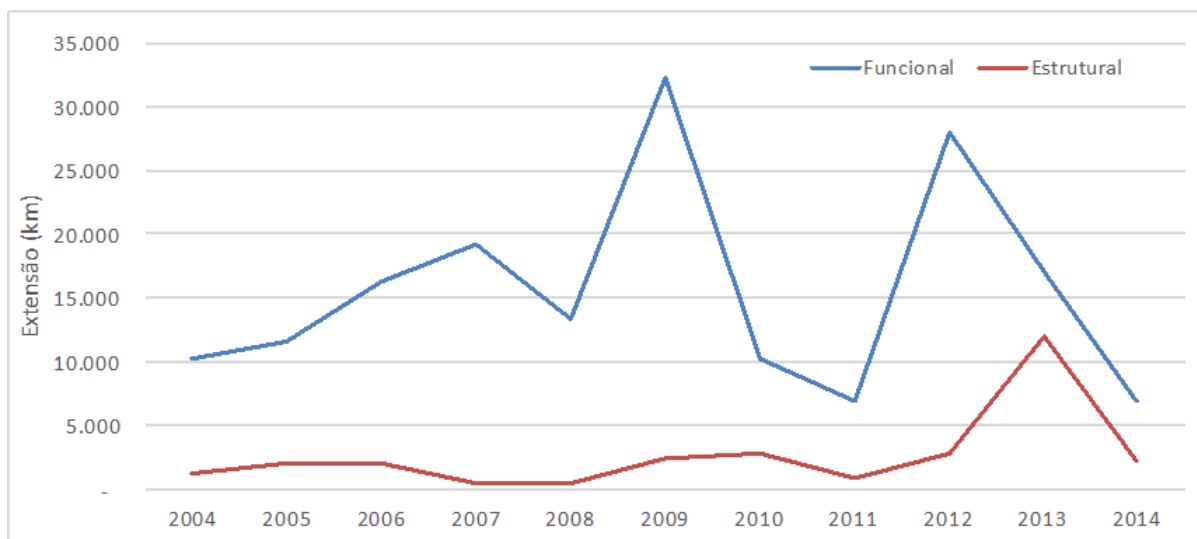
Figura 2 - Valores de gastos em manutenção nas rodovias federais por km na rede pavimentada e percentual da rede viária caracterizada como bom (Fonte: DNIT, 2017c).



Realizando o cruzamento de dados entre os gastos em manutenção realizados e os dados relativos ao levantamento realizado pelo DNIT sobre a condição da rede viária, percebe-se um ganho significativo do índice de condição da superfície do pavimento (ICS) nos últimos 10 anos (Figura 2). O ICS é um parâmetro que varia entre 1 e 5, obtido com base nos resultados de IRI (*international roughness index*) e LVC (levantamento visual contínuo). Essa relação direta entre os dados de dispêndios financeiros e situação das rodovias demonstra que os investimentos produziram resultados que alcançaram a melhoria funcional do pavimento. Esse fato pode ser comprovado pelo tipo de intervenção mais predominante nos últimos anos.

Os investimentos realizados em manutenção de pavimentos nas rodovias federais foram limitados a intervenções funcionais, que não atenderam, na sua grande parte, às necessidades estruturais dos pavimentos face ao tráfego observado, bem como ao próprio período original de construção das rodovias. Como prova deste cenário, a Figura 3 ilustra a evolução da extensão de contratos realizados pelo DNIT cujas intervenções foram funcionais e estruturais desse 2004. Considera-se, neste caso, um contrato como sendo de intervenção estrutural aquele que contemple serviços de reforço ou reabilitação com horizonte de projeto de 10 anos. Os contratos cujas intervenções foram caracterizadas como funcionais contemplam serviços que impactam em prazos menores que 5 anos.

Figura 3 - Evolução da extensão de contratos realizados cujos objetos são intervenções possuem características funcionais e estruturais (DNIT, 2017c).

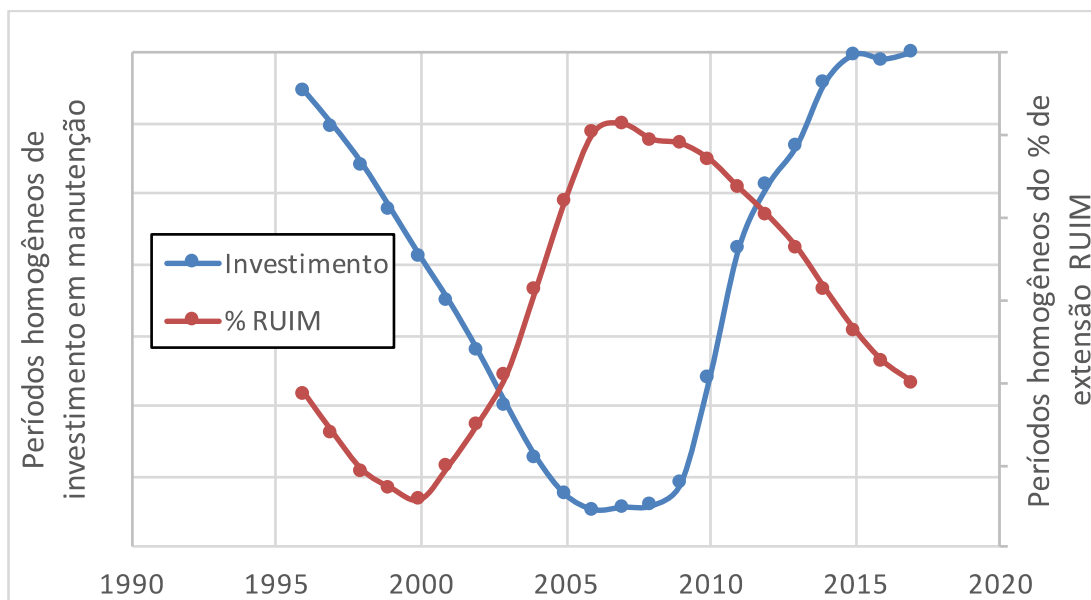


A baixa representatividade de contratos cujo objeto tenham serviços de reforço ou reabilitação da estrutura do pavimento ao longo dos anos resultou num acúmulo crescente de rodovias que necessitam de intervenções estruturais e não somente funcionais. A necessidade de intervenções estruturais nos pavimentos de grande parte da malha viária federal estava sendo percebida muito antes de 2004, ano em que se iniciou o comparativo ilustrado na Figura 3, conforme cita Schliessler & Bull (1992). Segundo os autores, a partir do início da década de 80 eram necessários vultosos investimentos para reabilitar a malha federal. Dessa forma, o impacto recente da ação do governo nos pavimentos das rodovias federais tornou-se imediatista sem, contudo, resultar num estratégico e necessário planejamento a longo prazo.

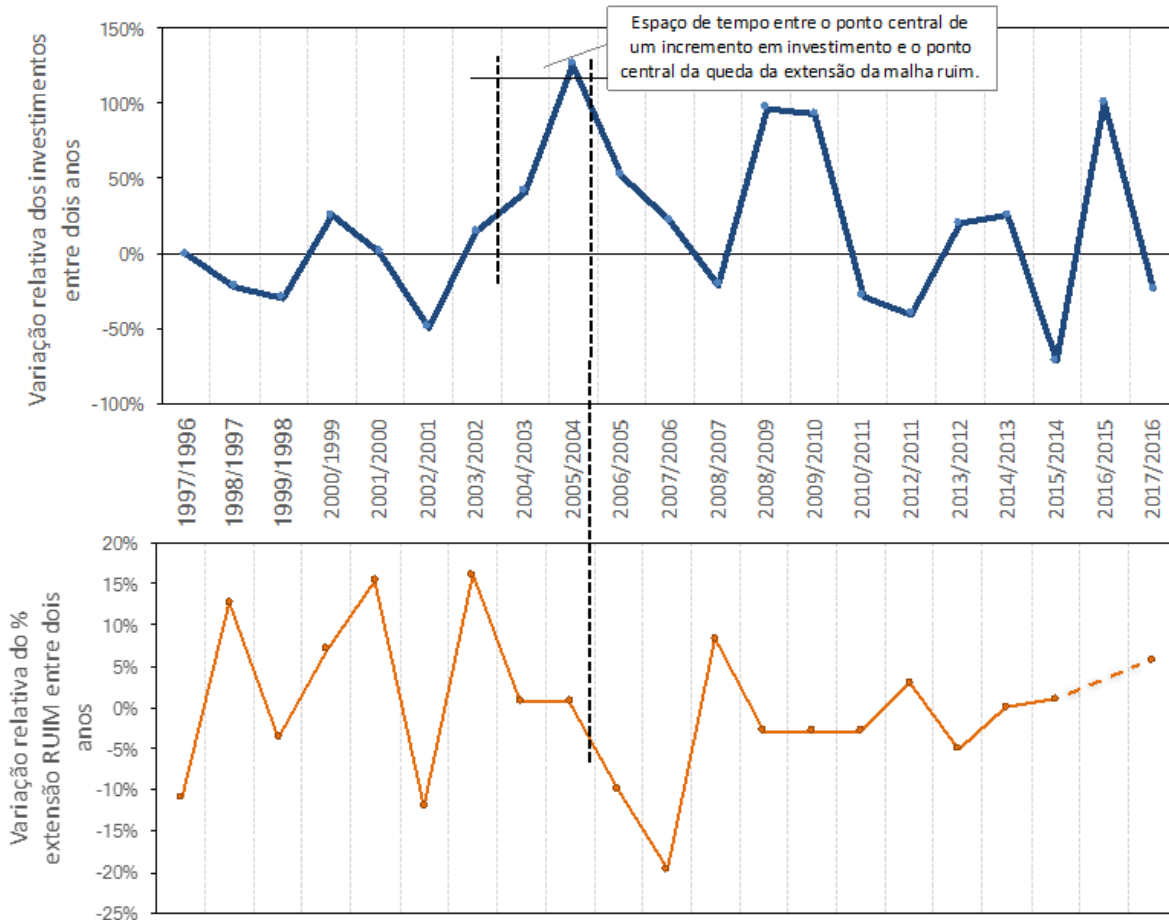
Essa realidade pode ser traduzida pelo cruzamento de dados entre a evolução dos investimentos realizados em manutenção anualmente e a evolução do percentual da malha caracterizada como ruim. Essa análise pode ser observada na Figura 4, quando foram criados segmentos homogêneos para os dados ao longo do tempo visando facilitar alterações nos padrões. Novamente, a relação investimento e redução da malha classificada como RUIIM está ressaltada na referida figura.

Essa relação não apresenta nenhuma novidade por si só. Contudo, o espaço de tempo entre os dois eventos, ou seja, decréscimo dos gastos e acréscimo da extensão de rodovias classificadas como ruim pode fornecer indicativos importantes. Pela que se observa, o prazo entre as duas partes das curvas é reduzido, tendo no máximo 2 anos (Figura 5). Essa informação pode indicar que a redução dos gastos em manutenção da forma como está sendo feita aumenta, num curto espaço de tempo, o comprometimento da qualidade do pavimento, indicando que o mesmo se encontra num estágio avançado de degradação estrutural, não suportando grandes períodos sem que haja intervenções de rotina. Esse fato, portanto, pode ser interpretado como uma demonstração da caducidade da malha federal ou, no mínimo, uma situação limítrofe em termos da capacidade estrutural do pavimento em função dos reduzidos investimentos com características estruturantes.

*Figura 4 – Períodos homogêneos dos gastos realizados em manutenção e da extensão da malha classificada como ruim ao longo dos anos (Fonte: DNIT, 2017c).*



*Figura 5 - Variação dos gastos realizados em manutenção e da extensão da malha classificada como ruim ao longo dos anos (Fonte: DNIT, 2017c).*



Segundo Lancelot (2010), em 2005 cerca de 66% das rodovias estavam com idades entre 20 e 40 anos, necessitando um robusto programa de reabilitação em função do incremento do tráfego e das condições climáticas características do país. Para o autor, desde a década de 1980 era preciso um volumoso programa de reabilitação das rodovias, embora não tenha acontecido, ocasionando a brusca redução da qualidade da malha.

Diante desse contexto, aliado à recente crise econômica pela qual o governo federal vem passando, quando os investimentos nos anos de 2015 e 2016 decresceram significativamente para a manutenção de rodovias, bem como para novas obras, tornou-se inevitável que a malha rodoviária vá experimentar um aumento significativo de extensão de pavimentos classificados como ruim ao longo dos próximos anos. Atualmente, 63% da malha pavimentada está sendo atendida por contratos de conservação rotineira, que não envolvem nenhum tipo de recuperação estrutural. Apenas 3% dos contratos possui soluções de pavimento com duração prevista para 10 anos. Cerca de 9% da malha rodoviária não está coberta por nenhum contrato de manutenção. A extensão restante, pouco mais de 20%, está coberta por contratos baseados em desempenho, modelo introduzido pelo Banco Mundial. Esses dados demonstram um aumento da probabilidade da qualidade das rodovias decaírem em níveis vistos no início da década passada. Dessa forma, percebe-se que muito embora tenha havido um esforço para uma melhoria no nível dos investimentos em manutenção, a forma como foram feitos tais gastos não trouxe ganhos estruturantes aos pavimentos das rodovias federais.

Outro aspecto de interesse que pode ser observado na Figura 5 é a grande variabilidade de valores gastos para a manutenção de rodovias federais nos últimos 20 anos. Apesar dos orçamentos disponibilizados anualmente nas Leis Orçamentárias apresentarem um crescimento ao longo desse período, os gastos efetivamente realizados foram caracterizados por uma variabilidade facilmente percebida a cada ano. Esse ponto pode ser explicado pela falta de capacidade de gestão de longo prazo do órgão responsável pela governança dos recursos, bem como pelas constantes mudanças dos responsáveis pelo direcionamento das ações que devem ser realizadas.

Além disso, dificuldades na qualidade e definição de projetos, problemas durante o processo de contratação, interferência indevida dos organismos de controle, fluxo irregular de pagamentos bem como a baixa exigência qualitativa das empresas executoras fazem parte da realidade do país em se tratando de obras rodoviárias. Em alguns casos, por exemplo, a demora em se aprovar projetos de reabilitação de projetos de pavimentos resultava na caducidade da solução indicada, baseada em dados levantados que não eram mais representativos quando da execução das obras.

Todo esse cenário faz com que o desafio futuro do Brasil é enorme em se tratando do objetivo de recuperar efetivamente a rede viária nacional. Tomando como referência o estado da rede viária, em que 38% encontra-se em estado regular e ruim, o que poderia indicar a necessidade de reabilitar o pavimento para uma vida útil de 10 anos, e considerando um custo de reabilitação médio de R\$ 2,0 milhões/km (USD 625.000,0/km), pode-se estimar intervir em cerca de 20.000 km de rodovias a um custo total de R\$ 39,52 bilhões (USD 12,35 bilhões). Obviamente, tais recursos não estão disponíveis atualmente mas demonstram o tamanho do desafio.

### CONTRATOS DE MANUTENÇÃO UTILIZADOS NO BRASIL

Desde 1993, quando da publicação da Lei Geral de Licitações, o DNER/DNIT seguiram os preceitos constantes do regramento, obrigando que os procedimentos licitatórios fossem realizados com projetos previamente especificados, resultando em contratos do tipo “*output-based contracts*”. Esse modelo é caracterizado pela ausência de liberdade do executor em promover alterações nos projetos, dividindo a responsabilidade e os riscos com o autor do projeto. Posteriormente, por meio de um trabalho desenvolvido pelo Banco Mundial em função dos empréstimos realizados para que fossem aplicados em manutenção de rodovias federais, o Brasil iniciou a utilização dos “*performance-based contracts*” (PBC). Nesse caso, o executor possui flexibilidade em propor soluções técnicas diferenciadas, bem como alterar o cronograma de intervenções para atender um determinado nível de qualidade definido pelo contratante.

O Banco Mundial realizou um levantamento dos diversos contratos tipo PBC utilizados em alguns países, visando avaliar quais aspectos levaram os contratos a terem sucesso, bem como desenvolver melhores guias que irão auxiliar a escolha do modelo mais apropriado para determinadas condições (Greenwood et al. 2012). No caso do Brasil, o relatório indica que o modelo utilizado é caracterizado como híbrido, ou seja, nem todas as características positivas dos contratos PBC foram efetivamente utilizadas no país. O carro chefe da implantação dos contratos PBC no Brasil foi idealizado junto ao Banco Mundial tendo sido denominado CREMA. Segundo Lancelot (2010), ainda com base em limitados resultados à época, a implantação desses modelos de contratos PBC no país foi dada como satisfatória. Entretanto, ressalta o autor, haveria uma longa distância a ser percorrida pelo país para alcançar todo o potencial dos contratos PBC.

Dentre as limitações observadas no uso de contratos tipo PBC no Brasil foi a utilização de conceitos híbridos. Nesse caso, parte do contrato está baseada na entrega de serviços que serão avaliados por desempenho, como o caso da manutenção. Já a parcela mais significativa em termos financeiros, relacionada aos serviços de reabilitação do pavimento, ainda está sendo aplicada com base em projetos desenvolvidos pelo empregador, no caso o DNIT. Nesse caso, o executor fica impedido de propor melhores soluções técnicas ou otimizar a execução pelas mudanças nos prazos das intervenções, situações que nem sempre estão nos projetos originalmente oferecidos pelo contratante. Essa limitação impede que o máximo desempenho dos contratos tipo PBC sejam alcançados.

Lancelot (2010) demonstra que a experiência do programa CREMA no país mostrou a necessidade de as empresas possuírem flexibilidade no desenvolvimento dos projetos para atingir a solução ótima tanto em termos técnicos quanto em relação ao cronograma de execução. Porém, em função das legislações existentes no país à época da implantação do programa, não foi possível permitir que os executores tivessem essa liberdade. Somente agora com novas leis aprovadas a partir de 2013 o país começou a permitir contratos cujas responsabilidades relacionadas aos projetos e a execução estejam integralmente sendo assumidas pelas empresas, como diz o Regime Diferenciado de Contratações (RDC).

Outra relevante avaliação realizada por Lancelot (2010) e que corrobora o entendimento exposto anteriormente sobre a , refere-se ao nível de intervenções realizadas nos contratos CREMA. Num comparativo com contratos tradicionalmente utilizados pelo Departamento Nacional para a restauração de pavimentos flexíveis, o autor indica que as soluções adotadas nos contratos tipo CREMA obtiveram menores custos. Porém, as conclusões também indicam que as soluções utilizadas nos contratos por desempenho foram mais caracterizadas por um tipo de recuperação funcional em detrimento a uma intervenção estrutural. Dessa forma, as conclusões observadas por Lancelot (2010) sobre o desenvolvimento dos contratos por desempenho no Brasil corroboram a observação de que os recentes investimentos em manutenção de rodovias federais tenham sido voltados para resultados imediatistas, sem, contudo, promover de fato um incremento na capacidade estrutural dos pavimentos.

Pode-se, em dado momento, justificar o baixo montante de recursos aplicados em manutenção em função dos recursos disponibilizados, levando a conclusão que exista uma carência de valores adequados. Entretanto, o que está se demonstrando não está somente relacionado aos recursos disponibilizados, mas ao modelo de contratos por desempenho aplicados no país. Algumas amarras existentes nos contratos por desempenho impediram a utilização do potencial máximo que esse modelo pode fornecer ao processo. Claro que a ausência de recursos também afeta o resultado, contudo, como já foi demonstrado, a decisão de se aplicar o total de recursos disponíveis em manutenção ou em novos empreendimentos é do governante e a divisão observada nos últimos anos demonstra a baixa preocupação com a manutenção da malha rodoviária, quando estão sendo alocados uma vultuosa quantidade de valores para novos empreendimentos. Conforme já foi mencionado, a divisão de recursos entre novas obras e a manutenção está longe daquela considerada ideal no país.

A reversão dessa situação torna-se cada dia mais onerosa em função dos necessários e vultosos investimentos em soluções estruturantes para os pavimentos das rodovias federais. Além disso, a cada período de restrição orçamentária espera-se uma redução significativa da qualidade do pavimento observada por meio dos levantamentos realizados anualmente. Conseqüentemente, os custos operacionais aumentam levando consigo o impacto da baixa eficiência competitiva dos setores que depende dos transportes realizados por rodovias federais.

### PROPOSTAS PARA MELHORAR A GESTÃO DA MANUTENÇÃO

De acordo com o histórico dos recursos investidos em rodovias já comentados anteriormente, o principal desafio é resgatar a importância dos investimentos em infraestrutura rodoviária por meio da vinculação de um algum instrumento que garantisse recursos perenes a longo prazo. Tais recursos poderiam ter como fonte os atuais impostos e contribuições já realizados, suficientes para a manutenção da malha viária em condições satisfatórias. Segundo Firmino & Wright (2001), já em 1999 o governo federal arrecadou por meio de impostos ligados ao sistema de transportes rodoviários um total de R\$ 3,78 bilhões (USD 2,2 bilhões), montante que era suficiente, à época, para conservar a malha rodoviária federal, cuja estimativa realizada pelos autores para esse fim era de R\$ 1,5 bilhões (USD 0,88 bilhões). Em 1999, o DNER realizou gastos de R\$ 460 milhões (USD 270,0 milhões) na manutenção da rede viária federal.

Corrigindo o valor arrecadado em 1999 para 2015, com base no índice IGP-DI (índice geral de preços – disponibilidade interna), a estimativa do montante que estaria sendo arrecadado pelo governo federal por meio da movimentação econômica ligada ao sistema de transporte rodoviário é aproximadamente R\$ 13,0 bilhões (USD 4,06 bilhões). A correção realizada pode estar sendo conservadora, tendo em vista o maior crescimento do país observado após 2004, o que pode ter gerado maior arrecadação de impostos para o governo. Não seria correto corrigir o valor necessário para manter as rodovias a partir de 1999 por meio do índice IGP-DI em função diversas variáveis que podem interferir nas condições dos pavimentos. Porém, observando os recentes investimentos em manutenção realizados pelo governo federal, o valor arrecadado estimado de R\$ 13,0 bilhões (USD 4,06 bilhões) é mais que o dobro do maior valor gasto até o presente momento (Tabela 1).

Firmino & Wright (2001) demonstraram, dessa forma, que a arrecadação federal por meio de impostos foi superavitária em relação aos gastos realizados na manutenção do patrimônio rodoviário. Ou seja, o setor de transporte rodoviário pode estar sendo um grande arrecadador de recursos e, como está recebendo investimentos muito aquém daqueles necessários, passaria a ser caracterizado como um setor que financia outras áreas do governo federal. A disparidade entre os recursos arrecadados pelo setor de transporte e aqueles aplicados na manutenção das rodovias demonstra a pouca importância dada à manutenção de rodovias pelos recentes governos.

Outra forma de prover a infraestrutura rodoviária com recursos fixos é taxar o usuário que se beneficia do serviço público. Nesse caso, considera-se o sistema de transporte rodoviário federal também como um serviço. Essa forma de obter investimentos contínuos por meio de taxas daqueles que utilizam o sistema rodoviário é equivalente aos demais serviços oferecidos pela administração pública, tais como água, luz e gás. Dessa forma, torna-se mais justa uma cobrança daqueles que utilizam o serviço, retirando encargos daqueles que não o fazem. A própria CIDE que originalmente foi criada para taxar combustíveis possui essa característica, mas ao longo do tempo os recursos obtidos por meio dessa contribuição nem sempre eram alocados na própria infraestrutura rodoviária. Como já foi mencionado anteriormente, a arrecadação que a CIDE promoveu em 2011 resultou em valores que ultrapassam de forma significativa os gastos realizados com a manutenção de rodovias federais, chegando, inclusive ao patamar dos valores totais gastos considerando também a parcela relativa a novas obras. Dessa forma, fica claro que a referida contribuição, caso volte ao patamar original de arrecadação, possui capacidade de promover um novo levante de investimentos em infraestrutura desde que os recursos sejam direcionados à infraestrutura rodoviária.

A criação de um orçamento mínimo, anual, para serviços relacionados a manutenção de rodovias federais torna-se a melhor ferramenta para que o Brasil possa manter sua infraestrutura rodoviária, evitando que essa importante função do estado esteja dependente de dotações orçamentárias dinâmicas. Atualmente, a definição dos valores disponíveis num determinado exercício financeiro pode sempre ser alterada, seja pelo próprio Ministério dos Transportes, seja pelo Congresso Nacional, que possui a competência final para aprovar a lei orçamentária. Essa obrigatoriedade em disponibilizar minimamente um orçamento permitirá uma grande vantagem, ou seja, a possibilidade de os gestores das rodovias federais planejar os investimentos a longo prazo, criando, dessa forma, um ambiente propício ao aparecimento de um verdadeiro sistema de gerenciamento de pavimentos da malha federal. A certeza da disponibilidade desses recursos a cada ano facilitaria a aplicação desses conceitos.

O conceito do orçamento mínimo e fixo para conservação de estradas não é novo. O primeiro congresso nacional de estrada de rodagem, realizado em 1916, há exatos cem anos, promoveu discussão em que cita este conceito. O Engenheiro Armando Augusto de Godoy apresentou tese propondo "(...) que é recomendável a hipótese de criação de tributações especiais, exclusivamente destinadas à construção e conservação de estradas de rodagem. Tributações essas que devem ser, em tais casos, recolhidas à caixas especiais, e às quais não deverá ser permitido dar destino diferente" (Oliveira, 1986). Percebe-se, dessa forma, o pensamento caracterizado pela vanguarda dos responsáveis pelas rodovias federais ainda no início do século XX.

Além da garantia de recursos mínimos fixados por algum tipo de ferramenta que garanta a manutenção da infraestrutura rodoviária, o DNIT precisa passar a gerir sua malha rodoviária federal considerando-a como um único sistema. Por ser um país composto por estados federativos, cada qual com suas características geológicas e econômicas, os pavimentos das rodovias federais que atravessam os estados possuem diferentes comportamentos em termos de degradação. Apesar da gestão dessas rodovias ser centralizada, a disponibilização de recursos federais para cada estado é feita de forma segmentada, onde cada estado estabelece um plano de prioridades considerando as realidades locais, de forma independente. Esse modelo induz o aparecimento de disputas internas na alocação de recursos em cada estado, motivada pelos próprios representantes políticos regionais. Dessa forma, a atual definição dos recursos orçamentários não atende, integralmente, preceitos estritamente técnicos. O risco de alocação de orçamentos que não sigam os preceitos de um sistema de gerenciamento de pavimentos torna-se muito maior nesse ambiente.

estado, motivada pelos próprios representantes políticos regionais. Dessa forma, a atual definição dos recursos orçamentários não atende, integralmente, preceitos estritamente técnicos. O risco de alocação de orçamentos que não sigam os preceitos de um sistema de gerenciamento de pavimentos torna-se muito maior nesse ambiente.

Pode-se observar, dessa forma, situações em que são alocados orçamentos de manutenção em uma determinada rodovia com certo grau de deterioração, cuja prioridade não estaria à frente de uma rodovia em outro estado, caso estivesse sendo aplicada a hierarquização com base num sistema de gerência de pavimentos. A análise global da malha rodoviária federal e a definição de um orçamento único permitirá que os gestores tenham a prerrogativa de definir quais pontos críticos deverão ser atacados prioritariamente considerando os resultados de uma análise baseadas em conceitos do sistema de gerenciamento de pavimentos implantado. Considerando o objetivo principal de melhorar as características da rede viária do país, tais como a irregularidade longitudinal, poderão haver situações de rodovias que não deverão receber recursos num determinado ano em detrimento de outras que necessitam de intervenções para garantir a melhoria contínua da qualidade do pavimento. Ao contrário do possível risco de intervir primeiros nos casos cujas rodovias estejam em piores condições (*“worst first”*) deve-se ter em mente a necessidade de melhorar a qualidade do pavimento considerando toda a rede viária.

Tendo em vista a extensão da rede viária do Brasil e o grande volume de tráfego existente nas rodovias federais, os benefícios gerados pela redução do nível de irregularidade longitudinal são muitos. Além dos já conhecidos benefícios econômicos gerados pela redução do custo operacional dos usuários, devem ser ressaltados os benefícios ambientais que são gerados pela redução da emissão dos gases que causam o efeito estufa (GHG). Diversos trabalhos estão sendo publicados considerando os benefícios ambientais ligados à emissão desses gases gerados por pavimentos menos irregulares, principalmente quando a análise se dá durante a fase de uso da rodovia (Santero & Horvath, 2009; Wang et al., 2014; Santos et al., 2015; Azarijafari et al., 2016). Nesse contexto, considerando os recentes acordos realizados em Paris, na COP 21, torna-se premente observar quais benefícios podem ser gerados por uma boa gestão da rede viária na contribuição para atendimento das metas estipuladas pelo Brasil no controle da emissão dos GHG.

### CONCLUSÕES

A importância econômica da infraestrutura, rodoviária em específico, é reconhecida em qualquer país com dimensões semelhantes à do Brasil. O desenvolvimento passa obrigatoriamente pela existência de uma rede viária adequada, permitindo a mobilidade entre centros produtores e consumidores. Para tanto, o papel da manutenção dos ativos existentes é fundamental. Conhecer o histórico de investimentos realizados na manutenção da rede viária e quais impactos foram gerados com a aplicação desses recursos torna-se vital para que melhores ações sejam planejadas pelos responsáveis pela administração rodoviária de um país.

Observou-se que no Brasil os investimentos em manutenção, ao longo dos últimos 20 anos foram variáveis e sempre aquém do ideal. Consequência desse fato foi a queda brusca da qualidade no final da década de 90. A recuperação visível da qualidade observada nos últimos 10 em função da elevação do patamar de investimento em manutenção pode não ser duradoura. As intervenções foram caracterizadas, principalmente, por ações funcionais, sem garantir um aumento da capacidade estrutural dos pavimentos.

Diversas propostas podem ser aplicadas para garantir uma melhoria substancial e efetiva da rede viária. Dentre elas, destaca-se a criação, ou o retorno de um fundo específico para aplicação de recursos em infraestrutura rodoviária. Além disso, a unificação do programa orçamentário da rede federal facilitará as decisões sobre onde aplicar os recursos utilizando, como base, um sistema de gerenciamento de pavimentos. Como benefícios gerados, além daqueles conhecidos como a redução do custo de logística, deve-se ressaltar as vantagens ambientais relativas à emissão de gases que causam o efeito estufa à longo prazo.

### REFERÊNCIAS

- DNIT (2017a). Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes – DNIT, [www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao](http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao). Acessado em maio/2016.
- DNIT (2017b). Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes – DNIT, [www1.dnit.gov.br/historico](http://www1.dnit.gov.br/historico). Acessado em setembro/2017.
- DNIT (2017c). Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes – DNIT. Dados de controle interno.
- OECD (2013). Understanding the value of transport infrastructure. Guidelines for macro-level measurement of spending and assets. Task Force Report, 46 pp.
- QUEIROZ, C. A. V. (1984). Modelos de previsão de desempenho para gerência de pavimentos no Brasil. GEIPOT, Brasília, 360 pp.
- RF (2011). Análise da arrecadação das receitas federais. Receita Federal, Ministério da Fazenda, 32 pp.
- FIRMINO, A. C. & WRIGHT, C. L. (2001). Financiamento do setor de transporte no Brasil. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Washington, D.C., EUA, 133 pp.
- SCHLISSLER, A. S. & BULL, A. (1992). Caminhos – Um novo caminho para a gestão e conservação das redes viárias. CEPAL – Comissão Econômica da América Latina e Caribe, 246p.
- LANCELOT, E. (2010). Performance based contracts in the road sector: towards improved efficiency in the management of maintenance and rehabilitation Brazil's experience. Transport Papers, TP-31, The World Bank, 73 pp.
- GREENWOOD, I (2012). Review of performance based contracting in the road sector\_phase 1. OPUS International Consultants Limited, 184 pp.
- OLIVEIRA, M. C. (1986). Achegas à história do rodoviarismo no Brasil. Memórias Futuras, ISSN: 0101-4366, Rio de Janeiro, 137 pp.
- SANTERO, N. J. & HORVATH, A. (2009). Global warming potential of pavements. Environmental Research Letters, doi:10.1088/1748-9326/4/3/034011.
- WANG, T., HARVEY, J. & KENDALL, A. (2014). Reducing greenhouse gas emissions through strategic management of highway pavement roughness. Environmental Research Letters, doi:10.1088/1748-9326/9/3/034007
- SANTOS, J., BRYCE, J., FLINTSCH, G., FERREIRA, A. & DIFENDERFER, B. (2015). A life cycle assessment of in-place recycling and conventional pavement construction and maintenance practices. Structure and Infrastructure Engineering. DOI:10.1080/15732479.2014.945095
- AZARIJAFARI, H., YAHIA, A. & AMOR, M. B. (2016). Life cycle assessment of pavements\_reviewing research challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.080>



[www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br)

[INSCREVA-SE EM EAD](#)

[ENSINO A DISTÂNCIA](#)

[DRENAGEM URBANA](#)

[CLICANDO AQUI!](#)

[CLIQUE AQUI!](#)

[ANUIDADE DE 2018](#)

Sócio individual - pessoa física

**ATENÇÃO:** Se estiver inadimplente com outros anos, entre em contato com a Secretaria

RESPONDA A PESQUISA E ESCOLHA EM QUAL CIDADE DESEJA A REALIZAÇÃO DE SEU(S) CURSO(S) .

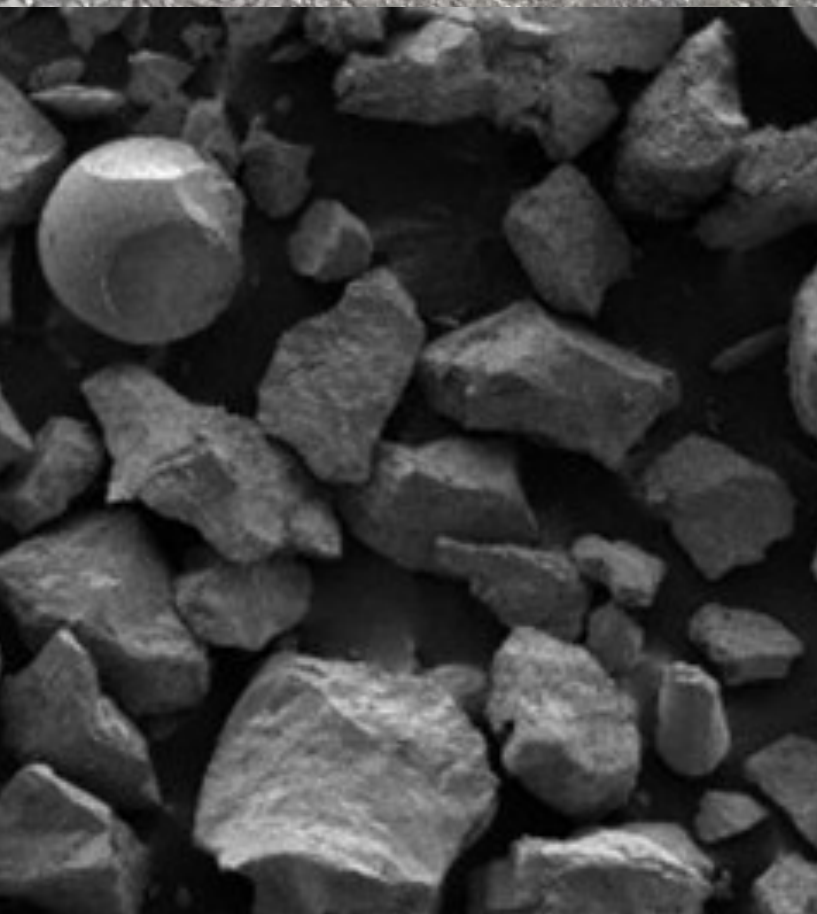
CLIQUE NO(S) DE SEU INTERESSE , PREENCHA AS INFORMAÇÕES PARA QUE RECEBA A PROGRAMAÇÃO AO TÉRMINO DESTE LEVANTAMENTO!

- ◆ [AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E PROJETO DE REFORÇO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEIO AMBIENTE - PRESENCIAL](#)
- ◆ [BÁSICO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [CONTROLE DA QUALIDADE EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [CUSTOS E ORÇAMENTOS RODOVIÁRIOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DRENAGEM – URBANA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DRENAGEM DE ESTRADAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [ENGENHARIA FERROVIÁRIA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [HDM 4 - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MATERIAIS E MISTURAS ASFÁLTICAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MECÂNICA DOS PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MÉTODO BAILEY DE DOSAGEM - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PRÁTICO DE MATERIAIS ASFÁLTICOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PRÁTICO DE SOLOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE OBRAS RODOVIÁRIAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [QUALIDADE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS - CONSTRUÇÃO, QUALIDADE E CASOS DE OBRAS - PRESENCIAL](#)

RESPONDA A PESQUISA E ESCOLHA EM QUAL MÊS DESEJA A REALIZAÇÃO DE SEU(S) CURSO(S)!

CLIQUE NO(S) DE SEU INTERESSE , PREENCHA AS INFORMAÇÕES PARA QUE RECEBA A PROGRAMAÇÃO AO TÉRMINO DESTE LEVANTAMENTO!

- ⇒ [AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E PROJETO DE REFORÇO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEIO AMBIENTE - EAD](#)
- ⇒ [BÁSICO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA - EAD](#)
- ⇒ [CONTROLE DA QUALIDADE EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - EAD](#)
- ⇒ [CUSTOS E ORÇAMENTOS RODOVIÁRIOS - EAD](#)
- ⇒ [DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [DRENAGEM DE ESTRADAS - EAD](#)
- ⇒ [DRENAGEM URBANA - EAD](#)
- ⇒ [ENGENHARIA FERROVIÁRIA - EAD](#)
- ⇒ [HDM 4 - EAD](#)
- ⇒ [MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [MATERIAIS E MISTURAS ASFÁLTICAS - EAD](#)
- ⇒ [MECÂNICA DOS PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [MÉTODO BAILEY DE DOSAGEM - EAD](#)
- ⇒ [PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE OBRAS RODOVIÁRIAS - EAD](#)
- ⇒ [QUALIDADE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - EAD](#)
- ⇒ [TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS - CONSTRUÇÃO, QUALIDADE E CASOS DE OBRAS - EAD](#)



## **APLICABILIDADE DA INSERÇÃO DE ESCÓRIA DE COBRE JATEADA EM MISTURAS DE SOLO-CIMENTO PARA CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS**

**Guilherme Bravo de Oliveira Almeida<sup>1</sup>**  
**Erinaldo Hilário Cavalcante<sup>2</sup>**  
**Michéle Dal Toé Casagrande<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe (UFS)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

**RESUMO**

Um grande número de co-produtos é gerado pelas indústrias e encontrar um destino apropriado para estes resíduos torna-se uma questão importante. A escória de cobre proveniente de processo abrasivo é um exemplo, a qual, após os ciclos de jateamento, é descartada no meio ambiente. A utilização desse resíduo na pavimentação pode ser uma alternativa de destino. Esta pesquisa apresenta o estudo da incorporação da escória de cobre jateada em misturas de solo natural de Sergipe e cimento Portland. Os ensaios de laboratório realizados foram caracterização geotécnica, compactação, resistência à compressão simples e à tração, módulo de resiliência, durabilidade, permeabilidade, análise química, difração de raios-X e microscopia. A adição de escória proporcionou uma redução de cerca de 3% no teor de cimento. A mistura de solo com 30% de escória e 5% de cimento alcançou a maior resistência e módulo, menor perda de massa e redução na permeabilidade. Os resultados indicaram a utilização da escória de cobre jateada em misturas de solo-cimento para fins de aplicação em camada de base de pavimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilização de Solo, Cimento Portland, Escória de Cobre Jateada.

**ABSTRACT**

*A large number of by-products is generated by industries, and finding a proper destination for these wastes becomes an important issue. Copper slag from the abrasive process is an example, which, after the blasting cycles, is discarded into the environment. The use of this residue in the paving can be an alternative destination. This research presents the study of the incorporation of post-blasting copper slag to the natural soil of Sergipe and Portland cement. Laboratory tests carried out involved geotechnical characterization, compaction, unconfined compressive and tensile strength, resilient modulus, durability and permeability test, chemical and mineralogical analysis and microscopy. The addition of slag provided a 3% reduction in cement content. The mixture of soil with 30% of slag and 5% of cement reached the highest strength and resilient modulus, lowest mass loss, same tensile strength, and reduced permeability. The results indicate the use in pavement base of the post-blasting copper slag in mixtures with soil-cement.*

**KEYWORDS:** Soil Stabilization; Portland Cement; Post-blasting Copper Slag; Pavements Base.

### 1. INTRODUÇÃO

A escória de cobre é um co-produto industrial obtida a partir da transformação de concentrados de minério de cobre. Aproximadamente, 2.2 toneladas de escória são produzidas para cada tonelada de cobre e, por ano, são gerados aproximadamente 24.6 milhões de toneladas de escória mundialmente (Gorai et al., 2003; Chew and Bharati, 2009). Assim, seguindo essa estimativa, no Brasil são produzidas cerca de 630.000 toneladas de escória por ano. A escória de cobre possui características mecânicas e químicas que qualificam o material para ser utilizado na construção. Apresenta densidade entre 2.8 e 3.8, baixa capacidade de absorção e grãos angulares. A composição química da escória indica uma maior quantidade de óxidos de ferro, sílica, alumínio e cálcio (Gorai et al., 2003; Murari et al., 2015). A escória de cobre pode ser utilizada de várias maneiras: matéria-prima na produção de cimento, substituição do cimento Portland, agregados finos e grosseiros em pavimentos de concreto e asfalto, base de pavimentos flexíveis, enchimento e lastro, abrasivos, agregados, vidro, azulejos e tijolos (Prasad and Ramana, 2016). Zain et al. (2004) descreveram uma investigação do processo de solidificação/estabilização à base de cimento e os resultados indicaram que a lixiviação de íons de metais pesados selecionados da matriz de cimento era baixa e não excedia a Lei de Qualidade Ambiental da Malásia. Al-Jabri et al. (2011) recomendaram que até 40 - 50% (por peso de areia) de escória de cobre pode ser usada como substituição de agregados finos para obter um concreto com bons requisitos de resistência e durabilidade. Raposeiras et al. (2016) estudaram o efeito da adição de escória de cobre sobre o comportamento mecânico das misturas de asfalto e os resultados demonstraram que o uso de escória de cobre em uma porcentagem de 35% é favorável, o quociente Marshall é reduzido até 27%, aumenta 8% na resistência à tração indireta. Prasad and Ramana (2016) descreveram o estudo de viabilidade da escória de cobre como preenchimento estrutural e demonstrou que a escória de cobre pode ser efetivamente utilizada como preenchimento em estruturas de solo reforçado.

Poucas pesquisas foram relatadas sobre a utilização da escória de cobre jateada em misturas com solo e cimento. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa foi investigar a incorporação da escória de cobre jateada em misturas com solo e cimento Portland para fins de aplicação em camada de base de pavimento.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1. Materiais

O solo utilizado apresenta características argilosas, coletado por escavação manual no município de São Cristóvão (Sergipe) no estado indeformado.

A escória de cobre utilizada foi obtida após ter esgotada sua capacidade abrasiva no processo de jateamento da superfície metálica e apresentar características de areia mal graduada (Figura 1). A porcentagem de escória variou entre 10 e 40% (da massa de solo seco).

O cimento Portland de alta resistência inicial foi utilizado como agente de cimentação, pois contém pequenas adições em sua fabricação. A porcentagem de cimento foi de 3 e 5% (em massa de solo e escória seco).



**Figura 1:** Aparência típica da escória de cobre jateada utilizada nesta pesquisa.

## 2.2. Métodos

O programa experimental foi realizado inicialmente com a determinação das propriedades geotécnicas do solo e a caracterização física da escória de cobre, segundo às normas brasileiras: preparação de amostras de solo DNER-ME 041, densidade real DNER-ME 093, análise granulométrica DNER-ME051, limite de liquidez DNER-ME 122, limite de plasticidade DNER-ME 082, compactação (Proctor intermediário) DNER-ME 129. Afim de classificar os riscos ambientais, a escória de cobre jateada foi submetida à norma NBR 100004. O procedimento para obter o extrato lixiviado e solubilizado seguiu as normas NBR 10005 e NBR 10006, respectivamente.

A composição química foi analisada através da técnica de espectrometria de raios-X (EDX), utilizando um espectrômetro modelo EDX – 700 Shimadzu. As amostras menores que 0.075 mm de solo e escória foram utilizadas no teste. A composição mineralógica foi obtida por difração de raios-X em um difractômetro modelo D8 Advance Bruker seguindo o método padrão proposto pela Embrapa (1997). A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada com equipamento Tescan modelo Vega 3 acoplado um detector de elétrons secundários, retroespalhado, cátodo de luminescência e EDS da Oxford Instruments modelo X-act.

Para os ensaios de compressão simples, módulo de resiliência e durabilidade, corpos de prova cilíndricos (10 x 20 cm) foram confeccionados. Para cada corpo de prova, a mistura completa limitava o tempo de moldagem (mistura e compactação) a menos de 1h, o que é menor que o tempo de pega do cimento Portland utilizado. A quantidade de cimento e de escória em cada mistura foi calculada baseada na massa de solo seco. Os corpos de prova foram curados em câmara úmida por 7 dias. Após esse período de cura, os mesmos foram submersos em água por 4h, secos superficialmente para, em seguida, serem submetidos ao ensaio de compressão. A velocidade de rompimento foi de 1 mm/min e o resultado comparado à resistência de 2100 KPa. Os ensaios seguiram a norma DNER-ME 201 e DNER-ME 202. Para avaliar a evolução da resistência, os mesmos ensaios foram realizados com misturas de solo e escória. Porém, tais corpos de prova não foram submersos em água, pois ocorria a desintegração dos mesmos.

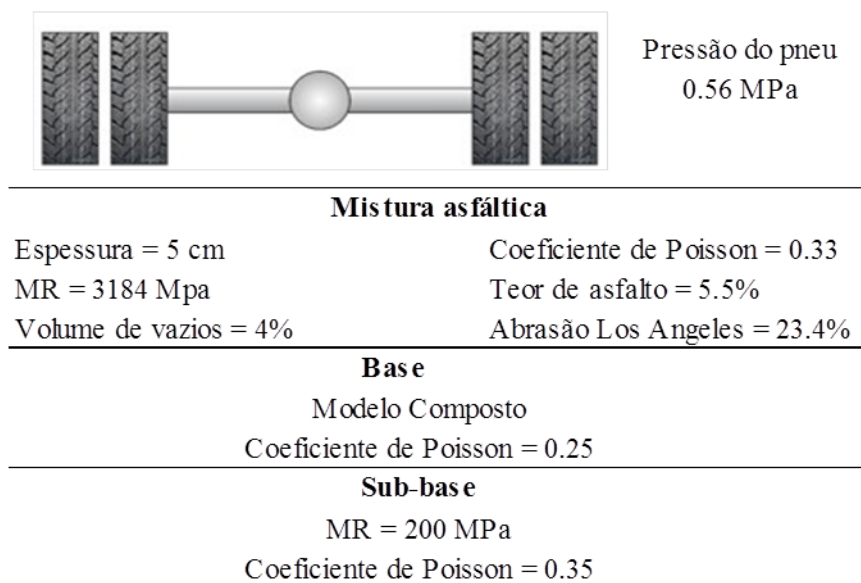
O módulo de resiliência (MR), os ensaios de durabilidade, resistência à tração e permeabilidade foram realizados para a mistura solo-escória-cimento de maior resistência à compressão. O MR consiste em aplicar três diferentes pares de tensões confinantes e desviadoras, com frequência de 1 Hz. Então, após a fase de consolidação, os corpos de prova foram submetidos a incrementos de tensão confinante e desviadora. Passado o tempo de cura de 7 dias, os corpos de prova foram ensaiados, de acordo com a norma DNIT-ME 134. O modelo composto foi utilizado para correlacionar o valor do módulo com as tensões confinantes e desviadoras.

Os ciclos de molhagem e secagem foram realizados para avaliar a durabilidade, segundo a norma DNER-ME 203. Após o período de cura de 7 dias, os corpos de prova foram imersos em água por 5h e em seguida levados à estufa com temperatura de  $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 42h. Passado esse tempo, os corpos de prova foram submetidos a 20 escovações na superfície, com uma força de 15 N. O ensaio finalizou após 12 ciclos de molhagem e secagem.

O ensaio de resistência à tração foi realizado em corpos de prova cilíndricos, seguindo a norma DNER-ME 138, e suas dimensões foram 5.5 cm de espessura e 10 cm de diâmetro. Após a moldagem, os corpos de prova foram levados para cura em câmara úmida por 7 dias. O equipamento utilizado para romper os corpos de prova foi o modelo I-2001-A Marshall Electric Press, com anel dinamométrico de 5000 kgf e extensômetro de 0.001 mm, fabricado pela Contenco Ind & Com LTDA.

O coeficiente de permeabilidade foi obtido através do ensaio a carga variável, com água percolando pelo solo em regime de escoamento laminar, seguindo a norma NBR 14545.

O programa de computador SisPav (Franco, 2007) foi utilizado para avaliar o efeito da adição da escória de cobre jateada no projeto do pavimento através do método mecanístico-empírico. Foi assumida uma carga de tráfego de 10000 repetições a uma carga de eixo duplo de 8,2 t. A simulação foi realizada com a estrutura do pavimento adotada (Figura 2), na qual as propriedades da camada de revestimento e sub-base permaneceram constantes e a espessura da base é alterada.



**Figura 2:** Estrutura do pavimento adotada.

### 3. Resultados e Discussão

As propriedades do solo estão apresentadas na Tabela 1 e a curva de distribuição granulométrica está apresentada na Figura 3. Os resultados indicaram um solo areno-argiloso, com média plasticidade e sem a presença de argilominerais expansivos.

As propriedades da escória de cobre jateada estão apresentadas na Tabela 1 e a curva de distribuição granulométrica está apresentada na Figura 3. A densidade é maior que a do solo devido à alta concentração de ferro na escória. Não foi possível obter os limites de Atterberg dada à natureza não plástica do resíduo. A escória apresentou maiores porcentagens de areia média e fina, sendo classificada como uma areia mal graduada. A difração de raios-X indicou a presença de faialita, magnetita e hematita. Os resultados apresentados se assemelham àqueles relatados na literatura (Gorai et al., 2003; Prasad and Ramana, 2016; Onuaguluchi and Eren, 2012; Shi et al., 2008). A absorção da escória foi 0.33%, considerada muito baixa, segundo Anjos et al. (2017).

**Tabela 1:** Propriedades dos materiais.

Propriedades	Solo	Escória de cobre jateada
Limite de liquidez (%)	34	-
Limite de plasticidade (%)	18	-
Índice de plasticidade (%)	16	NP
Densidade real	2.69	3.73
Areia grossa (%)	10.50	0.06
Areia média (%)	28.42	35.38
Areia fina(%)	21.43	56.95
Silte-argila (%)	21.78	7.62
Classificação AASHTO / USCS	A-2-6(0) / SC	A-3(0) / SP-SM
Massa específica aparente seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.107	-
Umidade ótima (%)	8.9	-
Argilominerais	ilita, caulinita	faialita, magnetita, hematita

Os resultados do ensaio de lixiviação e solubilização estão presentes nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Os parâmetros acima do limite máximo foram o mercúrio e os fenóis totais. Assim, a classificação ambiental da escória de cobre utilizada neste estudo foi classe II-A – não-perigosa – não inerte, de acordo com a norma NBR 10004.

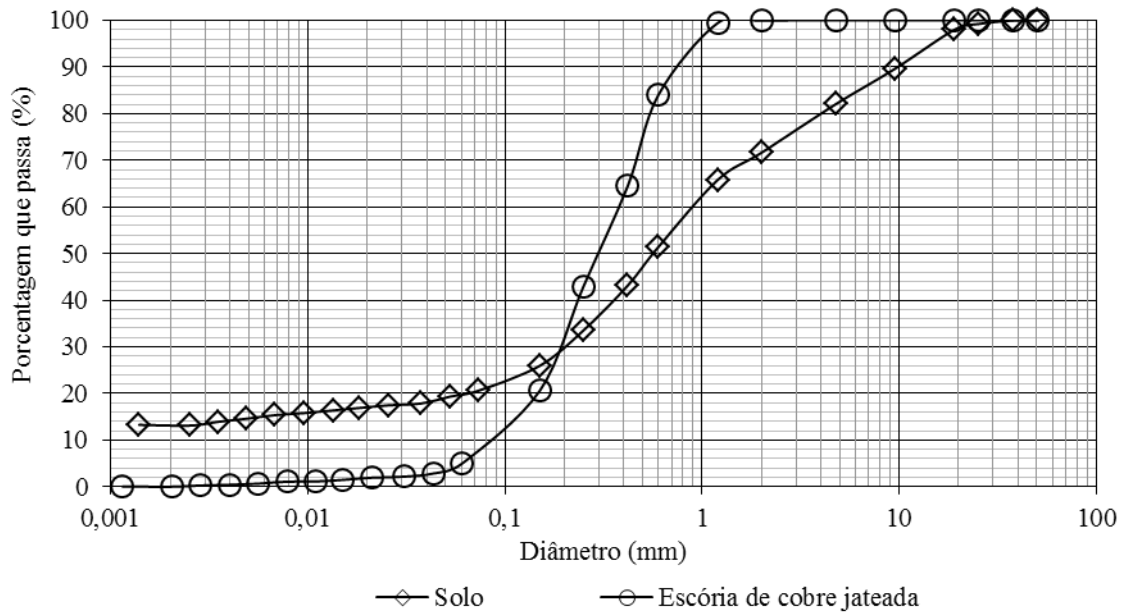


Figura 3. Curva granulométrica das amostras do solo e da escória de cobre jateada.

Parâmetros	Limite de quantificação (mg/L)	Resultados (mg/L)	Limite máximo no lixiviado (mg/L) Anexo F (NBR 10004)
Arsênio	0.011	< 0.011	1.0
Cádmio total	0.005	< 0.005	0.5
Chumbo total	0.010	0.40	1.0
Cromo total	0.028	< 0.028	5.0
Fluoreto total	0.050	0.01	150
Mercúrio	0.001	< 0.001	0.1
Prata total	0.030	< 0.030	5.0
Selênio	0.005	< 0.005	1.0
Fenóis totais	0.002	< 0.002	-
Cloretos	2.42	3.16	-

Tabela 2. Resultados do extrato lixiviado da escória de cobre jateada.

**Tabela 3:** Resultados do extrato solubilizado da escória de cobre jateada.

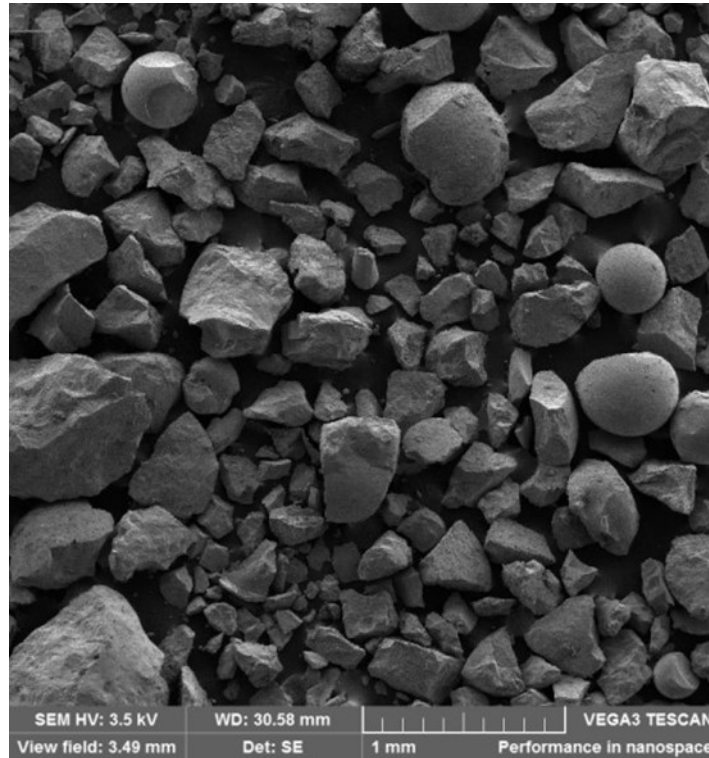
Parâmetros	Limite de quantificação (mg/L)	Resultados (mg/L)	Limite máximo no extrato (mg/L) Anexo G (NBR 10004)
Arsênio	0.011	< 0.011	0.01
Cádmio total	0.005	< 0.0014	0.005
Chumbo total	0.010	< 0.007	0.01
Cromo total	0.028	< 0.028	0.05
Fluoreto total	0.050	0.09	1.5
Mercurio	0.001	0.002	0.001
Prata total	0.030	< 0.0072	0.05
Selênio total	-	ND	0.01
Fenóis totais	0.002	0.040	0.01
Cloretos	0.050	2.11	250

A Tabela 4 apresenta a composição química do solo e da escória de cobre jateada. Pode-se observar a presença de silício, ferro e alumínio em percentagens maiores, e a presença de elementos alcalinos e alcalinos terrosos, típicos de argila. Ambos os materiais possuem conteúdo similar de  $K_2O$  e  $SiO_2$ . A escória de cobre contém teores de cobre e molibdênio, que estão ausentes no solo, e o alto teor de ferro provém do jateamento que arranca as partículas das camadas oxidadas da superfície metálica.

**Tabela 4.** Composição química dos materiais.

Componente químico	Solo	Escória de cobre jateada
$SiO_2$	14.64 %	11.20 %
$Fe_2O_3$	10.94 %	79.50 %
$Al_2O_3$	10.43 %	1.08 %
$TiO_2$	0.60 %	0.31 %
$K_2O$	0.37 %	0.31 %
$CaO$	0.30 %	0.67 %
$MgO$	0.08 %	0.41 %
$P_2O_5$	0.07 %	-
$Na_2O$	0.07 %	-
$SO_3$	0.002 %	0,67%
$Cr_2O_3$	170.59 ppm	0.10 %
$MnO$	104.83 ppm	-
$PbO$	86.46 ppm	0,46 %
$CoO$	32.33 ppm	-
$SrO$	21.02 ppm	-
$ZnO$	10.61 ppm	2.06 %
$CuO$	-	2.00 %
$MoO_3$	-	1.23%

A imagem obtida do MEV (Figura 4) mostra claramente que a maioria dos grãos da escória de cobre jateada apresenta uma forma angular com bordas afiadas. Há também alguns grãos arredondados que no processo de jateamento não foram quebrados ao se chocarem com a superfície. A forma dos grãos se assemelha àquela relatada na literatura (Gorai et al., 2003; Prasad and Ramana, 2016; Zain et al., 2004). Foi observado que os grãos não apresentam porosidade, o que confirma a baixa absorção da escória.



**Figura 4.** MEV da escória de cobre jateada

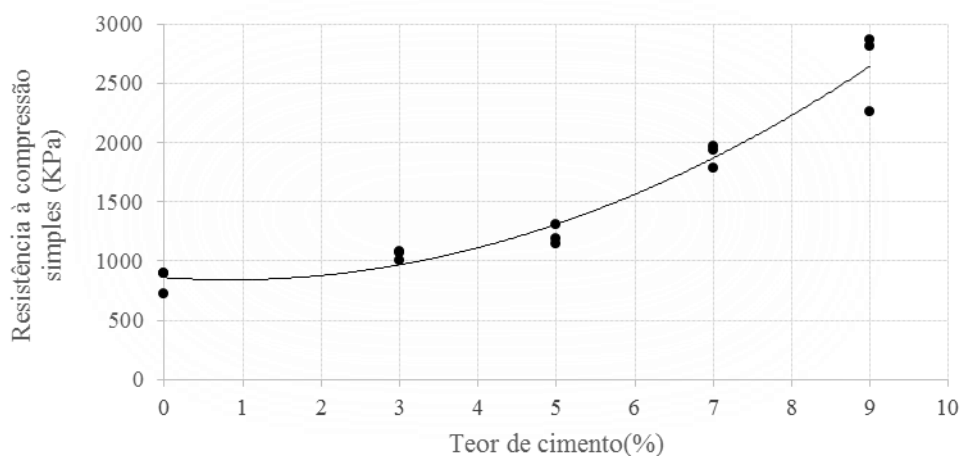
### 3.1 Misturas de solo e cimento Portland

Os parâmetros de compactação das misturas solo-cimento estão resumidos na Tabela 5. Os resultados mostraram que não houve alteração na massa específica aparente seca máxima, mas o teor de umidade ótima tende a diminuir com o aumento do teor de cimento.

Amostra	Massa específica aparente seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade ótima (%)
Solo + 3% cimento	2.112	8.9
Solo + 5% cimento	2.146	8.8
Solo + 7% cimento	2.123	8.6
Solo + 9% cimento	2.131	8.5

**Tabela 5.** Parâmetros de compactação das misturas solo-cimento.

A Figura 5 mostra graficamente o ganho de resistência à compressão simples com a adição de cimento. O teor de cimento tem um grande efeito sobre a resistência do solo. Pode-se observar que o aumento é maior quando o teor de aditivo excede 5% e atinge uma resistência média de 2650 KPa para 9% de cimento. Para o solo em estudo, o teor de cimento está entre 7% e 9% para que se atinja uma resistência tomada como referência de 2100 KPa, de acordo com a norma DNIT-ES 143.



**Figura 5.** Variação da resistência à compressão simples com o teor de cimento.

Quando o teor de cimento é maior, o cimento forma núcleos interligados espalhados por toda a massa do solo. Esta ação aglutinante das partículas garante maior resistência. Para baixo teor de cimento, há uma ação modificadora que diminui a plasticidade do solo com ou sem aumento de resistência (Cruz e Jalali, 2010).

Além do teor de cimento, as propriedades físico-químicas do solo, a porosidade e o teor de umidade também afetam a resistência e a durabilidade (Consoli et al., 2006, 2007). De acordo com Fonseca et al. (2009), enquanto a água afeta a resistência possivelmente alterando a estrutura do solo, a porosidade afeta a resistência modificando o número de pontos de contato entre as partículas do solo.

As composições químicas e mineralógicas têm influência na estabilização do solo. De acordo com Croft (1967), solos caulíníticos e ilíticos são mais adequados para a estabilização com cimento do que solos que contêm grandes quantidades de argilominerais expansivos. A quantidade de argila presente em um solo determinará a quantidade do aditivo. Uma resistência satisfatória em curto prazo será desenvolvida em variedades de argila arenosa e siltosa com adições econômicas.

O índice de plasticidade foi afetado para pequenas adições de cimento, uma vez que 3% do aditivo foram necessários para reduzir a plasticidade de 15% para 6%, após o período de cura. Alterações na plasticidade também foram obtidas por outros autores (Joel and Agbede, 2011; Portelinha et al., 2012).

3.2 Misturas de solo, escória de cobre jateada e cimento Portland

Os parâmetros de compactação das misturas solo, escória e cimento estão resumidos na Tabela 6. Os resultados mostraram que a massa específica aparente seca máxima aumentou com a adição de escória. Esse aumento é atribuído à densidade real dos grãos do resíduo. A umidade ótima tende a diminuir com o aumento da escória. Essa diminuição é atribuída à redução das partículas de solo que absorveriam a água. Outra razão para a redução do teor ótimo de água está relacionada ao maior número de partículas na fração areia da escória e sua baixa capacidade de absorção (0.33%).

Tabela 6. Parâmetros de compactação das misturas solo-escória-cimento.

Teor de cimento (%)	Massa específica aparente seca máxima (g/cm <sup>3</sup> ) / Teor de umidade (%)				
	0% escória	10% escória	20% escória	30% escória	40% escória
0	2.107 / 8.9	2.173 / 8.5	2.228 / 8.0	2.282 / 7.7	2.313 / 7.2
3	2.112 / 8.9	2.193 / 8.5	2.250 / 7.5	2.295 / 7.3	2.339 / 7.5
5	2.146 / 8.8	2.164 / 8.3	2.259 / 7.8	2.321 / 7.2	2.330 / 7.1

A Figura 6 mostra a variação da resistência à compressão simples com o teor de escória. Observa-se que a resistência aumenta até um teor ideal de escória. A partir daí, a resistência tende a reduzir. Além disso, a resistência aumenta com o teor de cimento para um mesmo teor de escória.

De acordo com a Figura 6, a máxima resistência média alcançada foi de 2930 KPa para 30% de escória e 5% de cimento. A razão dessa elevada resistência pode estar relacionada às inúmeras áreas de contato formadas por interligações entre os grãos solo e as partículas de escória que contribuem para uma melhor estabilização mecânica e química (Herzog, 1967; Concha, 1986; Chang e Woods, 1992). Para 40% de escória, as áreas de contato entre as partículas tendem a ser menor, o que aumenta o teor de cimento necessário para atingir maiores resistências.

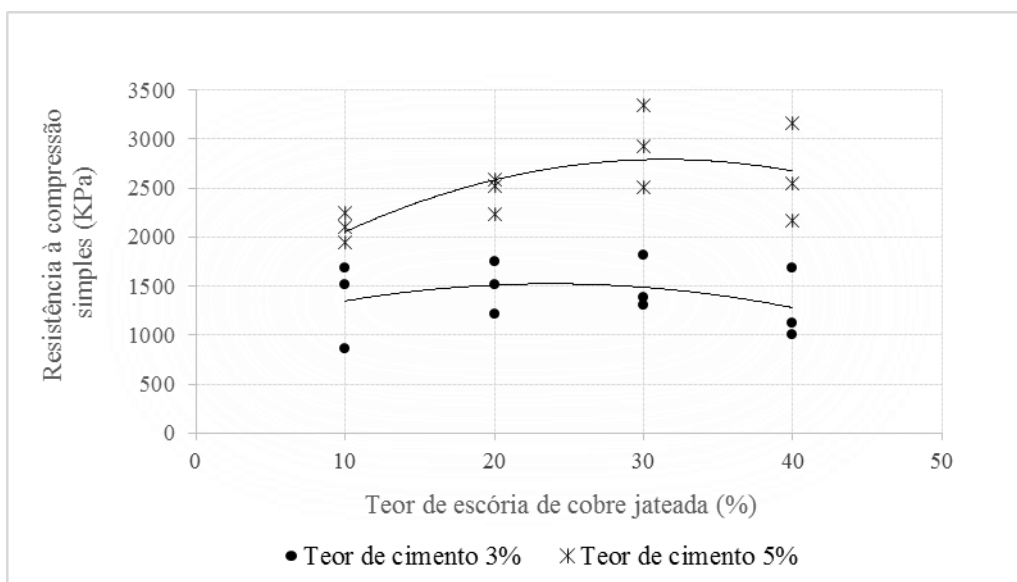
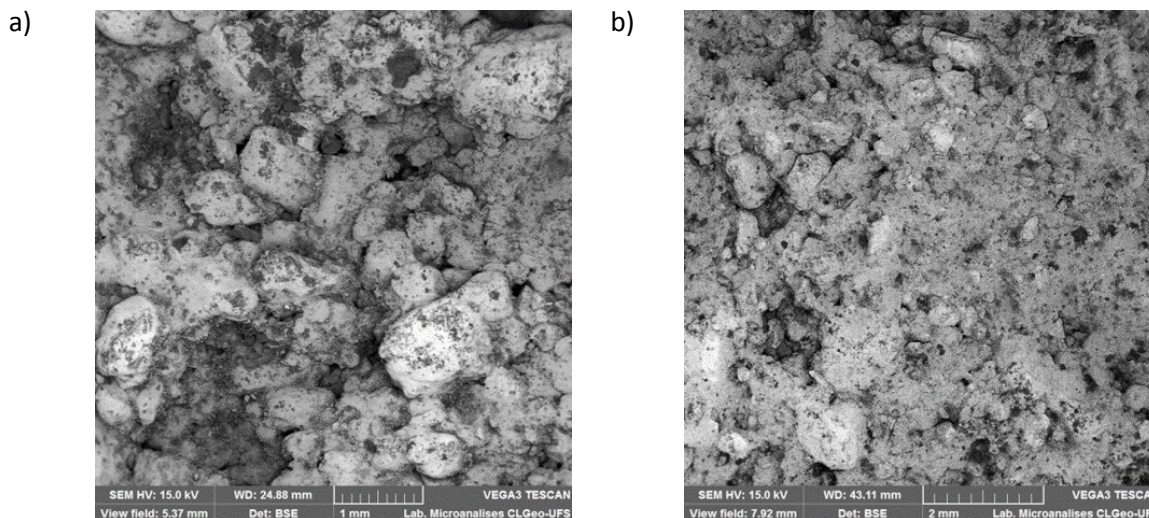


Figura 6. Variação da resistência à compressão simples com o teor de escória de cobre jateada.

A Figura 7 mostra a imagem obtida a partir do MEV da amostra de solo com 30% de escória (Figura 7a) e solo com 30% de escória e 5% de Cimento (Figura 7b). Observa-se que o cimento forma uma estrutura unida e interligada, preenchendo os poros, o que garante maiores resistências. Essa percentagem de escória promove uma melhor estabilização, uma vez que foi possível alcançar maior resistência. Além disso, foi possível reduzir o teor de cimento em torno de 3%.



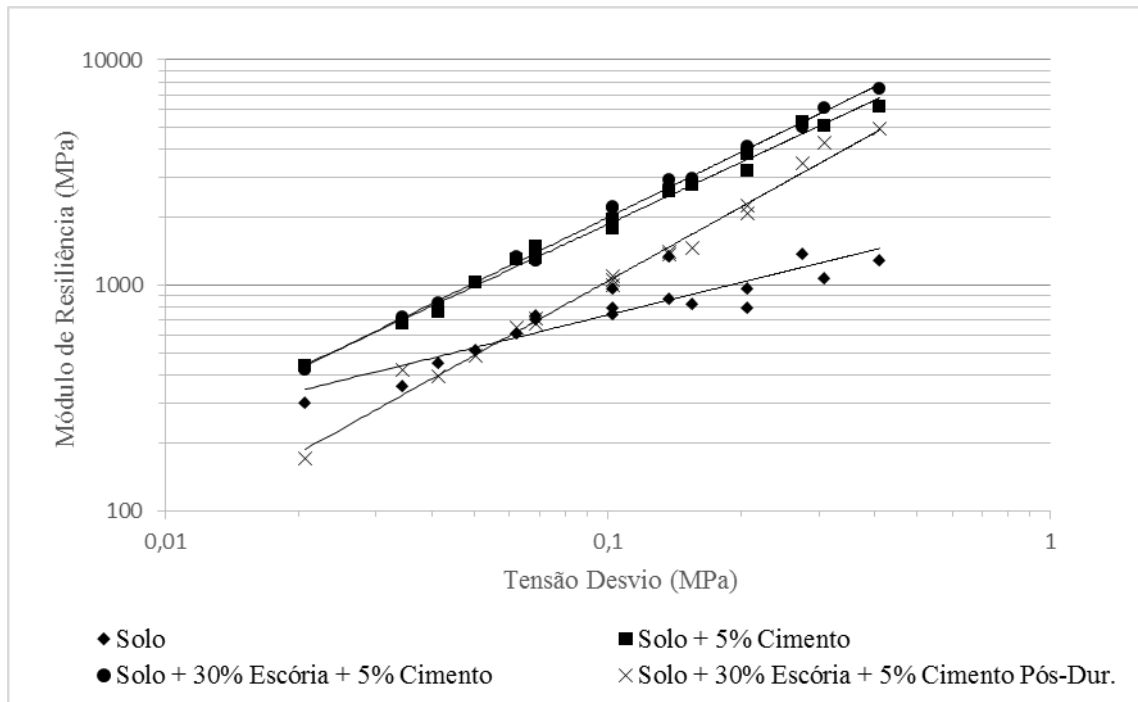
**Figura 7.** MEV do solo com 30% de escória (a) e solo, 30% de escória e 5% de cimento (b).

A Tabela 7 mostra os coeficientes que correlacionam o MR ao modelo composto. A Figura 8 apresenta os resultados graficamente. Observa-se que o MR desse solo depende da tensão desvio, e a adição da escória e do cimento não altera esse comportamento. Além disso, os resultados mostram que quanto maior a tensão desvio, maior o MR. É possível observar uma pequena redução no módulo para a amostra após o ensaio de durabilidade. Tal redução pode estar atribuída ao desgaste da amostra após os 12 ciclos de molhagem e secagem. A adição de 30% de escória não altera as amostras em termos de deformabilidade, com o módulo variando de 400 a cerca de 8000 MPa. Esses valores são mais altos do que o solo natural e outros materiais granulares normalmente utilizados no Brasil e outros países (Motta e Macêdo, 2006).

**Tabela 7.** Constantes de regressão do modelo para misturas de solo-escória-cimento.

Material	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$R^2$
Solo	4160	0.538	0.083	0.872
Solo+30% escória+5% cimento	16160	-0.053	0.962	0.996
Solo+30% escória+5% cimento <sup>a</sup>	15150	0.021	1.150	0.982
Solo+5% cimento	15170	0.053	0.832	0.984

<sup>a</sup> amostra ensaiada após o ensaio de durabilidade



**Figura 8.** Módulo de resiliência (MPa) vs tensão desvio (MPa) para as amostras.

A avaliação da durabilidade, pela determinação da perda de massa quando submetida a ciclos de molhagem e secagem, indicou perda de 1.63% para a amostra de solo com 30% de escória e 5% de cimento. Em comparação com a amostra sem escória, a perda foi de 1.39%. A diferença de 0.24% indica que a incorporação de escória de cobre jateada em misturas de solo-cimento causa baixa perda de massa.

A Tabela 8 apresenta os valores da resistência à tração. Para comparação, o mesmo teste foi realizado para o solo natural e solo com 30% de escória. Observa-se que a escória não causou alterações na resistência. De acordo com Bernucci et al. (2006), os materiais granulares não apresentam coesão e não resistem a tensões de tração, mas resistem à compressão. No entanto, os materiais cimentados proporcionam maior rigidez ao material natural, acompanhado de maior resistência à tração e à compressão.

**Tabela 8.** Resistência à tração das misturas de solo-escória-cimento.

Teor de cimento (%)	Resistência à tração (MPa)					
	0% escória			30% escória		
0	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
5	0.47	0.47	0.54	0.48	0.48	0.48

O ensaio de permeabilidade para a mistura de solo, 30% de escória e 5% de cimento acusou um coeficiente de permeabilidade de  $1.8 \times 10^{-6}$  cm/s. O coeficiente da mistura de solo e 30% de escória foi de  $7,0 \times 10^{-5}$  cm/s e o solo natural foi de  $1,4 \times 10^{-4}$  cm/s. É observada uma redução na permeabilidade da mistura de solo e escória, o que pode ser atribuída aos grãos do resíduo que preenchem os vazios do solo natural (Figura 7a). Na mistura cimentada, devido à união dos grãos proporcionada pelo cimento, a permeabilidade é ainda menor (Figura 7b).

O módulo de resiliência mostrou que a mistura de solo, 30% de escória e 5% de cimento apresenta resultados semelhantes à mistura de solo e 5% de cimento. Através do programa computacional Sis-Pav e considerando a estrutura adotada na Figura 2, a espessura da camada de base para ambas as misturas foi de 30 cm. Isso indica a possibilidade de explorar a escória de cobre jateada na camada base, para baixo volume de tráfego.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi aplicada a modelagem dinâmica de sistemas a um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SPGU), com uso do programa Vensim, tendo sido desenvolvido um método para formalização do processo de tomada de decisão por parte dos profissionais responsáveis pelas intervenções nos pavimentos, que permite, também, a compatibilização das estratégias de manutenção e reabilitação dos pavimentos com o planejamento de intervenções em outras infraestruturas urbanas (água, esgoto, energia elétrica, gás, telefonia etc.), com potencial para reduzir significativamente o custo total para a sociedade.

O método também foi aplicado a uma base de dados real, de uma cidade brasileira de médio porte, sendo os resultados apresentados de maneira visual, através de mapas temáticos, com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Todas as vias municipais foram avaliadas e foi feito um diagnóstico de cada tipo de defeito existente em cada logradouro, avaliando-se a extensão, o nível de severidade e a causa provável dos defeitos, propondo-se, ao final, medidas mitigadoras para cada seção levantada.

A partir dos dados apresentados nesta pesquisa e levando-se em consideração as limitações do estudo, as seguintes verificações puderam ser descritas quando se adiciona escória de cobre jateada em misturas de solo-cimento:

- Contribui na estabilização granulométrica e química do solo analisado, uma vez que os grãos da escória preenchem os vazios deixados pelos grãos do solo;
- Há aumento da massa específica aparente seca máxima e redução na umidade ótima, consequência da alta densidade dos grãos e a baixa capacidade de absorção dos grãos da escória;
- A resistência à compressão simples aumenta com o aumento do teor de escória até um valor ótimo. Após esse máximo, a resistência diminui. Essa variação na resistência varia com o conteúdo de escória.
- O teor de cimento Portland foi reduzido aproximadamente 3% em relação ao solo natural, assegurando uma resistência de 2100 MPa;

Para a máxima resistência, i.e., para a mistura de solo com 30% de escória e 5% de cimento foi verificado:

- O módulo de resiliência apresentou pouca diferença entre essa mistura e a mistura sem escória. Os testes mostraram que há uma dependência da tensão desvio;
- A perda de massa é baixa após os ciclos de molhagem e secagem;
- A adição de escória não acarreta mudanças na resistência à tração;
- A permeabilidade foi reduzida em duas ordens de grandeza comparada ao solo natural.

Portanto, a utilização da escória de cobre jateada, adicionada a uma quantidade ideal, promove uma estabilização ao solo, aumento na resistência e redução no teor de cimento Portland. Além disso, não causa efeito negativo no módulo de resiliência e na durabilidade. Assim, essa escória é um material que pode ser utilizado na camada de base, uma solução ideal para resíduos reciclados e para diminuir a quantidade de resíduos dispostos no meio ambiente.

### Agradecimentos

Os autores desejam expressos votos de agradecimento ao suporte financeiro, a partir do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelas bolsas de doutorado e de produtividade em pesquisa, bem como ao Projeto do Edital Universal. Agradecimentos também ao suporte do Laboratório de Geotecnia e Pavimentação da Universidade Federal de Sergipe

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Jabri, K.S., Al-Saidy, A.H., Taha, R. (2011). Effect of copper slag as a fine aggregate on the properties of cement mortars and concrete. *Constr. Build. Mater.* (25) 933-938, <http://dx.doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.06.090>.
- Anjos, M.A.G., SALES, A.T.C., ANDRADE, N. (2017). Blasted copper slag as fine aggregate in Portland cement concrete. *J. Environ. Manage.* (196) 607-613, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.032>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). Resíduos sólidos – classificação. NBR 10004. Rio de Janeiro, Brasil.
- \_\_\_\_\_. (2004). Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. NBR 10005. Rio de Janeiro, Brasil.
- \_\_\_\_\_. (2004). Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. NBR 10006. Rio de Janeiro, Brasil.
- \_\_\_\_\_. (2004). Solo – determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. NBR 14545. Rio de Janeiro, Brasil.
- Bernucci, L.B., Motta, L.M.G., Ceratti, J.A.P., Soares, J.B. (2006). Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, Petrobras: ABEDA.
- Chang, T-S., Woods, R.D. (1992). Effect of particle contact bond on shear modulus. *J. Geotech. Eng.* (118) (8) 1216-1233.
- Chew, S.H., Bharati, S.K. (2009). Use of recycled copper slag in cement - treated Singapore marine clay. In: *Proceedings of International Symposium on Geoenvironmental Eng.* ISGE, Sept 8-10, Hangzhou, China, pp. 705-710. [http://dx.doi: 10.1007/978-3-642-04460-1\\_83](http://dx.doi: 10.1007/978-3-642-04460-1_83).
- Concha, L.M.C. (1986). Estudo da fadiga de duas misturas de solo-cimento. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Consoli, N.C., Rotta, G.V., Prietto, P.D.M. (2006). Yielding-compressibility-strength relationship for an artificially cemented soil cured under stress. *Geotechnique* (56) (1)69-72.
- Consoli, N.C., Foppa, D., Festugato, L., Heineck, K.S. (2007). Key parameters for strength control of artificially cemented soil. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* (133) (2) 197-205, [http://dx.doi: 10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2007\)133:2\(197\)](http://dx.doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2007)133:2(197)).
- Croft, J.B. (1967). The influence of soil mineralogical composition on cement stabilization. *Geotechnique* (17) 119-135.

- Cruz, M.L.S., Jalali, S. (2010). Improvement of soils stabilized with cement performance using low cost activators. *Geotecnia* (120) 49-64.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. (1994). Solo – preparação de amostras para ensaios de caracterização. DNER-ME 041. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solos – determinação da densidade real. DNER-ME 093. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solo – análise granulométrica. DNER-ME 051. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solos – determinação do limite de plasticidade. DNER-ME 082. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solos – determinação do limite de liquidez. DNER-ME 122. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas. DNER-ME 129. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solo-cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos. DNER-ME 201. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. DNER-ME 202. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Solo-cimento – determinação da durabilidade através da perda de massa por molhagem e secagem. DNER-ME 203. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (1994). Misturas betuminosas – determinação da resistência à tração por compressão diametral. DNER-ME 138. Rio de Janeiro. Brasil.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2010). Pavimentação – Solos – determinação do modulo de resiliência. DNIT-ME 134. Rio de Janeiro. Brasil.
- \_\_\_\_\_. (2010). Pavimentos – base solo-cimento. DNIT-ES 143. Rio de Janeiro. Brasil
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 212p.
- Fonseca, A.V., Cruz, R.C., Consoli, N.C. (2009). Strength properties of sandy-cement admixtures. *Geotech. Geol. Eng.* (27) 681-686, <http://dx.doi.org/10.1007/s10706-009-9267-y>.
- Franco, F.A.C.P. (2007). Método de dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos asfálticos - SisPav. (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Gorai, B., Jana, R.K. (2003). Characteristics and utilization of copper slag – a review. *Resour. Conserv. Recycl.* (39) (4) 299-313, [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00171-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00171-4).
- Herzog, A. (1967). Evidence for a skeleton-matrix structure in clays stabilized with Portland cement. In: 5th Australia-New Zealand Conference on SMFE (1967).
- Joel, M., Agbede, I.O. (2011) Mechanical-cement stabilization of laterite for use as flexible pavement material. *J. Mater. Civ. Eng.* (23) 146-152, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000148](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000148).
- Motta, L.M.G., Macêdo, M.M. (2006). Comportamento de solo melhorado com cimento para uso em pavimentação sob carga repetida. In: Congresso luso-brasileiro de Geotecnia de infraestrutura de transportes. Curitiba. Anais...
- Murari, K., Siddique, R., Jain, K.K. (2015). Use of waste copper slag, a sustainable material. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* (17) 13-26, <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-014-0254-x>.
- Onuaguluchi, O., Eren, O. (2012). Recycling of copper tailings as an additive in cement mortars. *Constr. Build. Mater.* (37) 723-727. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.08.009>.
- Portelinha, F.H.M., Lima, D.C., Fontes, M.P.F., Carvalho, C.A.B., Stehling, R.S. (2012). Influence of reaction mechanisms in the physical and chemical properties of two tropical soil modified with cement and lime. *Geotecnia* (124) 5-30.
- Prasad, P.S., Ramana, G.V. (2016). Feasibility study of copper slag as a structural fill in reinforced soil structures. *Geotext. Geomembr.* (44) 623-640, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem.2016.03.007>.
- Raposeiras, A.C., Vargas-Cerón, A., Movilla-Quesada, D., Castro-Fresno, D. (2016). Effect of copper slag addition on mechanical behavior of asphalt mixes containing reclaimed asphalt pavement. *Constr. Build. Mater.* (119) 268-276, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.081>.
- Shi, C., Meyer, C., Behnood, A. (2008). Utilization of copper slag in cement and concrete. *Resour. Conserv. Recycl.* (52) 1115-1120, <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.06.008>.
- Zain, M.F.M., Islam, M.N., Radin, S.S., Yap, S.G. (2004). Cement-based solidification for the safe disposal of blasted copper slag. *Cem. Concr. Comp.* (26) 845-851, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2003.08.002>.



# ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: ESTUDO DE CASO NA BR 060/MS

Rodrigo Lima Cavalcante <sup>1</sup>

José Leomar Fernandes Junior <sup>2</sup>

David Alex Arancibia Suárez <sup>3</sup>

<sup>1</sup> [rodrigohilario@msn.com](mailto:rodrigohilario@msn.com)

<sup>2</sup> [leomar@sc.usp.br](mailto:leomar@sc.usp.br)  
[queiroz.cesar@gmail.com](mailto:queiroz.cesar@gmail.com)

<sup>3</sup> [alex.arancibia@ufms.br](mailto:alex.arancibia@ufms.br)

## RESUMO

Este trabalho teve por finalidade analisar e comparar Métodos de Levantamento de Defeitos em Pavimentos Flexíveis, em estudo de caso na BR 060/MS (Jardim a Bela Vista), tendo como principais objetivos: analisar as diferenças entre os métodos Brasileiros e dos Estados Unidos considerados para avaliação da condição dos pavimentos; verificar se os métodos de avaliação interferem nas decisões e nos dimensionamentos decorrentes das avaliações. Considerando a importância do Levantamento de Defeitos, da Avaliação da Condição de Pavimentos e de sua quantificação por um Índice que combine os diferentes tipos de defeitos e considere a severidade e a extensão com que eles se apresentam numa tentativa de diminuição da defasagem das nossas normas em relação às que estão sendo utilizadas no exterior, particularmente nos Estados Unidos. O método consistiu de revisão bibliográfica e análise comparativa com base nos levantamentos das condições dos pavimentos, baseando-se em normas do DNIT e também do Programa de Pesquisa SHRP da FHWA. Comparando-se as duas avaliações objetivas no estudo de caso, as normas brasileiras resultaram em divergência nos resultados finais, enquanto que as duas avaliações objetivas segundo as normas dos EUA resultaram em convergência nos resultados finais. Percebeu-se que o método de levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis do Manual do Programa SHRP é um método mais detalhado, preciso e mais demorado, por ser feito a pé, e que ele tem demonstrado, através de seus resultados, maior confiabilidade e convergência entre as suas informações. Por outro lado, o levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis pelo método do DNIT, utilizado no Brasil, gera dúvidas e dificuldades no momento da avaliação, por não quantificar a extensão dos defeitos nem determinar o nível de sua severidade quando o mesmo ocorre.

**PALAVRAS-CHAVE:** Defeitos em Pavimentos Flexíveis. Métodos de Levantamento. Análise Comparativa. Estudo de Caso. BR 060/MS.

## ABSTRACT

*This research aimed to analyze and compare Defects Survey Methods in Flexible Pavements in case study on BR060/MS (Jardim to Bela Vista), having as main objectives: to analyze the differences between the the Brazilian and American methods considered for evaluation of the pavement condition; check if the evaluation methods interfere in decisions and on the sizings arising from the evaluations. Considering the importance of the Defect Survey, in the Evaluation of Pavement Condition and its quantification by an index that combines the different types of defects and consider the severity and the extent they present themselves in an attempt to decrease the gap of our standards in relation to being used outdoors, particularly in the United States. The method consisted in a bibliographic review and comparative analysis based on surveys of the condition of pavements, based on the DNIT norms and also the SHRP Research Program of the FHWA. Comparing the two objectives evaluations in the case study, the Brazilian standards resulted in divergence in the final results, while the two objectives evaluations according to US standards resulted in convergence in the final results. It was perceived that the defect survey method for flexible pavements of the SHRP Program Manual is more detailed, accurate, and slower, because its done on foot, and has demonstrated by its results greater reliability and convergence between your information.. On the other hand, the defects Survey in flexible pavements by DNIT method used in Brazil, generates doubts and difficulties at the time of evaluation, difficulties at the time of evaluation, because doesn't quantify the extent of the defects and doesn't determine the level of its severity when it occurs.*

**KEYWORDS:** Defects in Flexible Pavements. Methods Survey. Comparative Analysis. Case Study. BR060/MS.

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje ao que se apresenta há vários métodos no processo de restauração de rodovias, porém aparentemente alguns procedimentos de execução das obras de pavimentação, assim como acontece em outros seguimentos, há sempre os que negligenciam a padronização regulamentada, vindo a comprometerem os resultados em um espaço curto de tempo, consequentemente onerando os investimentos.

De acordo com os relatórios do Ministério de Transportes o transporte rodoviário é o “principal meio [...] realizado no Brasil. Contudo, devido às suas desvantagens em relação a outros modais, houve uma mudança com o passar dos anos de pensamentos e ações que devem influenciar a sua participação na matriz modal”. Porém, segundo esta ótica, formas mais eficientes para o transporte de passageiros e de cargas poderão ser construídas pela influência e contribuição de outros modais no país (BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014, p. 1).

É possível perceber que a malha rodoviária brasileira apresenta muitos pontos críticos e metade do pavimento contem problemas. A metade (49,90%) do pavimento das rodovias brasileiras em 2014 apresentou algum tipo de deficiência (buracos, trincas, afundamentos, ondulações, entre outros problemas) e 44,70% da superfície do pavimento está desgastada, com condições péssima, ruim ou regular segundo a extensão pesquisada e classificada pela “Pesquisa da Confederação Nacional de Transporte (CNT) de Rodovias de 2014” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE - CNT, 2014).

Neste cenário o estado de Mato Grosso do Sul, conta com uma malha rodoviária federal de 4.596,9 km rodovias federais, sendo que 93,35% são rodovias pavimentadas e 6,65% não pavimentadas. Diante de um planejamento e execução tornam-se premente manter acompanhamento eivado de cuidados para a manutenção da qualidade reduzindo-se assim riscos em vidas, prazos de entrega e custos com as obras.

## 2 AVALIAÇÃO DE DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXIVEIS

### 2.1 METODOS DE AVALIAÇÕES USADOS NO BRASIL

No Brasil, há alguns índices combinados muito utilizados para a avaliação subjetiva e objetiva dos pavimentos, o DNIT utiliza a norma DNIT 005/2003-TER como nomenclaturas que discriminam 21 tipos de defeitos em um inventário para a rodovia, e quatro normas de procedimentos para a avaliação subjetiva e objetiva do pavimento. Na avaliação subjetiva conta com a norma DNIT 009/2003-PRO que avalia o Valor de Serventia Atual (VSA) aonde é demonstrado no Quadro 1 os conceitos de degradação para essa avaliação, entretanto, para a avaliação objetiva utilizam as normas DNIT 006/2003-PRO e DNIT 007/2003-PRO que são feitos a pé, aonde são calculados o Índice de Gravidade Individual (IGI) e o Índice de Gravidade Global (IGG) aonde é demonstrado no Quadro 3 os conceitos de degradação para essa avaliação.

**QUADRO 1 – Avaliação Subjetiva do Pavimento em Função do VSA**

VSA	Conceitos
$4 < VSA \leq 5$	Ótimo
$3 < VSA \leq 4$	Bom
$2 < VSA \leq 3$	Regular
$1 < VSA \leq 2$	Ruim
$0 < VSA \leq 1$	Péssimo

FONTE: DNIT 009/2003-PRO, p. 5.

**QUADRO 2 - Avaliação Subjetiva do Pavimento em Função do ICPF**

ICPF	Conceitos
$4 < ICPF \leq 5$	Ótimo
$3 < ICPF \leq 4$	Bom
$2 < ICPF \leq 3$	Regular
$1 < ICPF \leq 2$	Ruim
$0 < ICPF \leq 1$	Péssimo

FONTE: DNIT 008/2003-PRO, p. 5.

O órgão também realiza a avaliação subjetiva e objetiva da superfície dos pavimentos através do Levantamento Visual Continuo (LVC) regido pela norma DNIT 008/2003-PRO, aonde ele é feito de carro a uma velocidade constante de trabalho de 40 Km/h. Através do LVC determina-se o Índice de Gravidade Global Expedita (IGGE) aonde é demonstrado no Quadro 4 os conceitos de degradação para essa avaliação, o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF) aonde é demonstrado no Quadro 2 os conceitos de degradação para essa avaliação e o Índice do Estado de Superfície (IES) aonde é demonstrado na Tabela 1 os conceitos de degradação para essa avaliação.

**QUADRO 3 - Avaliação Objetiva do Pavimento em Função do IGG**

IGG	Conceitos
$0 < IGG \leq 20$	Ótimo
$20 < IGG \leq 40$	Bom
$40 < IGG \leq 80$	Regular
$80 < IGG \leq 160$	Ruim
$160 < IGG$	Péssimo

FONTE: DNIT 006/2003-PRO, p. 5.

**QUADRO 4 - Avaliação Objetiva do Pavimento em Função do IGGE**

IGG	Conceitos
$0 < IGGE \leq 20$	Ótimo
$20 < IGGE \leq 40$	Bom
$40 < IGGE \leq 60$	Regular
$60 < IGGE \leq 90$	Ruim
$90 < IGGE$	Péssimo

FONTE: DNIT 008/2003-PRO, p. 6.

O IGI, IGG e o IGGE são avaliações objetivas, já o VSA e ICPF são avaliações subjetivas, enquanto que o IES é uma avaliação que combina índices de avaliações objetiva IGGE e subjetiva ICPF. No VSA, IGI, IGG e no LVC (IGGE/ICPF/IES) são gerados valores ou índices de referência, “esses índices são definidos como parâmetros numéricos que permitem a avaliação de deterioração de segmentos rodoviários, cuja concepção, além de refletir o estado de cada segmento considerado isoladamente, permite a comparação relativa entre as condições apresentadas por segmentos distintos” (PEREIRA, 1972 e 1976 *apud* FERNANDES JUNIOR; ODA; ZERBINI, 2003, p.36).

**TABELA 1 - Índice do Estado da Superfície do pavimento**

<i>Descrição</i>	<i>IES</i>	<i>Código</i>	<i>Conceito</i>
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	Ótimo
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

FONTE: DNIT 008/2003-PRO, p. 6.

## 2.2 METODOS DE AVALIAÇÕES USADOS NOS ESTADOS UNIDOS

A avaliação de pavimentos teve seu início com as pesquisas realizadas nos Estados Unidos da América (E.U.A) nas pistas experimentais da *American Association State Highway Officials* (AASHO), aonde foram planejadas a sua implantação, feitos trabalhos topográficos, construídas as pistas e aplicado o tráfego no trecho experimental durante um período de 10 anos (1950 e 1960).

Foi criado um manual pela *Federal Highway Administration* (FHWA) nos EUA, o *Distress Identification Manual* para o *Long Term Pavement Performance* (LTPP) dentro do programa de pesquisa *Strategic Highway Research Program* (SHRP) em 1987, aonde foi planejado para se desenvolver por cinco anos, entretanto, os objetivos a serem atingidos para o LTPP acabaram aumentando por mais quinze anos e em 2007 foi prorrogado por mais vinte anos, sendo que o Programa SHRP conta com a participação de mais vinte países inclusive o Brasil.

O manual do Programa SHRP considera 15 tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, identificando-os através de fotos e figuras. Apresenta para cada tipo de defeito, os níveis de severidade identificados com fotos e a forma de quantificação da extensão. A relação dos defeitos em pavimentos, segundo o SHRP é detalhada no QUADRO 5, aonde foi feita uma tradução e adaptação para o português (Brasil).

**QUADRO 5 - Defeitos em Pavimentos Flexíveis**

1. Trincas por Fadiga
2. Trincas em Blocos
3. Trincas nos Bordos (Laterais)
4. Trincas Longitudinais
5. Trincas por Reflexão
6. Trincas Transversais
7. Remendos
8. Painelas
9. Deformação permanente nas Trilhas de Roda
10. Corrugação
11. Exsudação
12. Agregados Polidos
13. Desgaste
14. Desnível Pista-Acostamento
15. Bombeamento

FONTE: FERNANDES JUNIOR; ODA; ZERBINI, 2003, p.22-25.

Após elaborar o inventario para cada segmento da rodovia com base no manual do programa SHRP é calculado um índice chamado Índice de Condição do Pavimento (ICP) ou *Pavement Condition Index* (PCI). O ICP é preenchido com base na ficha apresentada na FIGURA 1, aonde são considerados os 15 tipos de defeitos do programa SHRP, tendo como mensuração a sua extensão ou a área, em nível baixo, médio ou alto e a severidade como o defeito ocorre em nível baixo, médio ou alto.

**FIGURA 1 – Planilha para Levantamento de campo do ICP**

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SEÇÃO						
Rodovia: BR060/MS	Faixa: 2	Extensão(m):	900,00	Pontos Dedutíveis		
Trecho: Jardim à Bela Vista	Pista: Simples			BOA	1 a 3 Pontos	
Sentido: Crescente	Acostamento: Sim (0,75m - LD/LE)			REGULAR	4 a 6 Pontos	
Data: 14/01/2015	Seg. Hom.: 01 (Km 589,00 à Km 589,90)			RUIM	7 a 10 Pontos	
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			INTERVALO	Pontos Dedutíveis (PD)	
	Baixa	Média	Alta			
1. Trincas por Fadiga (m <sup>2</sup> )	0,15%	0,15%		0 - 10	2	
2. Trincas em Blocos (m <sup>2</sup> )				0 - 10		
3. Trincas nos Bordos (m)				0 - 10		
4. Trincas Longitudinais (m)				0 - 10		
5. Trincas por Reflexão (m <sup>2</sup> )				-		
6. Trincas Transversais (m)				-		
7. Remendos (m <sup>2</sup> )	0,25%			0 - 10	1	
8. Painelas (m <sup>2</sup> )	0,10%			0 - 10	3	
9. Deformação Permanente (m <sup>2</sup> )				0 - 10		
10. Corrugação (m <sup>2</sup> )				-		
11. Exsudação (m <sup>2</sup> )	0,10%			0 - 10	1	
12. Agregados Polidos (m <sup>2</sup> )				-		
13. Desgaste (m <sup>2</sup> )		55,00%		0 - 10	7	
14. Desnível Pista Acostamento (m)				0 - 10		
15. Bombeamento (m <sup>2</sup> )				-		
ICP (100 - Σ PD):		ICP_AV				
86		Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
		0 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
		80				
ACEITÁVEL:		M & R Prevista:				
Sim ( X )	Não ( )	NF	MC	MP	RF	RC
		X				
Observações:						
Avaliação Compl.: Sim ( X )		Responsável: Rodrigo Lima Cavalcante				
		Não ( )				

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JUN/2015.

## 3 ESTUDO DE CASO - BR060/MS

### 3.1 BREVE HISTÓRICO

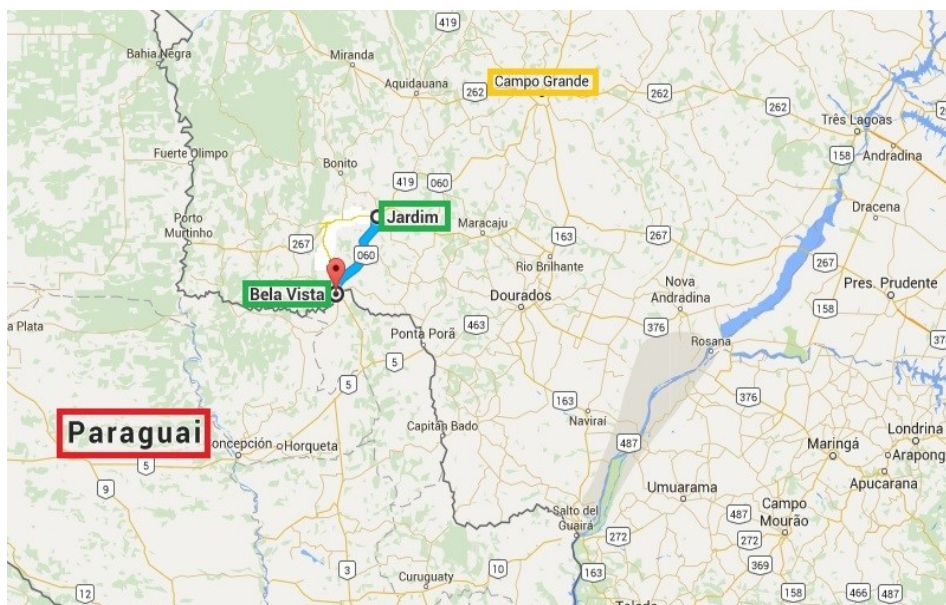
A rodovia federal BR060 que liga os municípios de Jardim a Bela Vista no estado de Mato Grosso do Sul (MS) surgiu por necessidade de ligar os municípios as Fronteiras do Paraguai. A obra da implantação da rodovia não-pavimentada iniciou na década de 40 e foi coordenada pela Comissão de Estradas de Rodagem nº 3 (C.E.R-3) e executada pelo batalhão do exército brasileiro. A pavimentação desse trecho iniciou no ano de 1986 e teve a obra paralisada em 1988 após a empresa Constran S/A pavimentar 1,80 Km, passados dois anos a obra foi retomada em 1990 e finalizada no ano de 1998, aonde a empresa Engecam Construtora Ltda pavimentou 90,00 Km. Esse trecho foi coordenado pelo antigo Departamento de Estradas de Rodagem de Mato Grosso do Sul (DER-SUL) e atual Agencia Estadual de Gestão de Empreendimentos de Mato Grosso do Sul (AGESUL).

Após a conclusão da obra o antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e atual DNIT passou a administrar esse trecho e entre os anos de 1998 e 2002 a BR060 (Jardim a Bela Vista), sofreu duas manutenções preventivas no revestimento do pavimento para rejuvenescer a capa de rolamento e melhorar o atrito do pneu no pavimento, trazendo maior conforto ao usuário que trafega na rodovia. No Ano de 2003 foi aprovada uma medida provisória nº 82 de 2002, aonde alguns trechos de rodovias federais aqui no estado de MS seriam cedidos a AGESUL, a BR060 que liga Jardim a Bela Vista estava inclusa nessa medida.

Durante os anos de 2003 a 2013 foram realizadas manutenções corretivas e preventivas no revestimento do pavimento, coordenadas pela 12ª (Jardim-MS) e 16ª (Bela Vistas-MS) Residências Regionais da AGESUL. Em 2014 o DNIT/MS fez uma intervenção através do programa de manutenção chamado “Plano Anual de Trabalho e Orçamento” (PATO) cujo prazo do termino desse contrato é até MAI/2016.

O início do trecho está localizado a 230 Km de distância de Campo Grande a capital do estado de MS e na região sudoeste do estado próximo à divisa do Brasil com o Paraguai, para melhor compreensão veja

**FIGURA 2 – Mapa de Localização da BR060/MS.**



FONTE: MAPS GOOGLE. Mapa BR060/MS. **Mapa online.** Disponível em: [www.google.com.br/maps/dir/-21.4839917,-56.14665/-22.1148383,-56.5220111/@-21.7991788,-56.6175743,10z/am=t/data=!3m1!4b1!4m2!4m1!3e0](http://www.google.com.br/maps/dir/-21.4839917,-56.14665/-22.1148383,-56.5220111/@-21.7991788,-56.6175743,10z/am=t/data=!3m1!4b1!4m2!4m1!3e0). Acesso em: 05 jan. 2016.

### 3.2 ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO

O levantamento de campo foi feito por uma equipe de profissionais da empresa ETEL Ltda, aonde o tempo de trabalho foi de 3 meses (Jun/2014, Jul/2014 e Ago/2014), a análise dos dados de campo feitos pela ETEL Ltda foram processados e analisados pela empresa DYNATEST contratada pelo DNIT para gerenciar as supervisoras do estado de Mato Grosso do Sul (MS). As informações que foram aproveitadas para esse trabalho e serviram como parâmetros de comparação para os quatros índices calculados para os 55 segmentos ao longo dos 91,80 Km desse trecho foram: o IGG, IGGE, ICPF e IES conforme estão apresentados abaixo na Tabela 2.

**TABELA 2 – Percentual do IGG, IGGE, ICPF E IES da BR060/MS.**

CONDIÇÃO	IGG		IGGE		ICPF		IES	
	QUANT. SH's	SH's	QUANT. SH's	SH's	QUANT. SH's	SH's	QUANT. SH's	SH's
Péssimo	20	36,4%	33	60,0%	0	0,0%	35	63,6%
Ruim	20	36,4%	12	21,8%	0	0,0%	9	16,4%
Regular	14	25,5%	2	3,6%	42	76,4%	4	7,3%
Bom	1	1,7%	2	3,6%	13	23,6%	7	12,7%
Ótimo	0	0,0%	6	11,0%	0	0,0%	0	0,0%
TOTAL	55	100,0%	55	100,0%	55	100,0%	55	100,0%

FONTE: DYNATEST – PROJETO PROGRAMA CREMA BR060/MS – Lote 8, p. 15-69. Jul/2015

Na Tabela 2 são apresentados percentuais da distribuição para o IGG que obteve um segmento com condição Boa, 25,5% com condições Regulares e mais de 70,0% dos segmentos com condições Péssimas e Ruim. Para o IGGE que obteve dois segmentos com condições Regular e Boa, 11,0% com condições Ótimas e 60,0% dos segmentos com condição Péssima. Pelo ICPF treze segmentos apresentaram condições Boa e 76,4% com condições Regulares. Já no IES quatro segmentos ficaram com condições Regulares, 12,7% com condições Boas, 16,4% em condições Ruins e mais de 60,0% estavam em condições Péssimas.

### 3.3 INDICE DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

#### 3.3.1 Avaliação Visual ou Subjetiva (ICP\_AV)

Com base nos levantamentos de campo feitos pela empresa ETEL Ltda foi avaliado visualmente ou subjetivamente (ICP\_AV) cada segmento homogêneo dos 55 segmentos estudados, aonde aplicavam-se notas no intervalo de 0 (Muito Ruim) a 100 (Muito Bom). Os valores utilizados para o ICP\_AV foram múltiplos de cinco para facilitar a comparação dos dados, na Tabela 3 é apresentado o resumo do

**TABELA 3 – Percentual do ICP\_AV da BR060/MS.**

ICP_AV	QUANT. SH's	% SH's
Muito Ruim	0	0,0%
Ruim	1	1,8%
Regular	44	80,0%
Bom	10	18,2%
Muito Bom	0	0,0%
TOTAL	55	100,0%

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JAN/2015.

O percentual da distribuição da avaliação subjetiva (ICP\_AV) com maior representação foi de 80,0% do estado do pavimento em condições Regulares, com um segmento em condição Ruim e 18,2% em condições Boas, conforme constatado na Tabela 3.

### 3.3.2 Avaliação por Pontos Dedutíveis (ICP\_PD1)

Diferente da avaliação subjetiva descrita anteriormente, a avaliação por pontos dedutíveis se baseia no inventario de quinze tipos de patologias conforme o Manual do programa SHRP, quantificadas de acordo com a sua severidade, extensão e o tipo de defeito. A planilha modelo utilizada para a avaliação esta ilustrada na Figura 1.

A primeira ponderação por pontos dedutíveis foi feita reduzindo as patologias de quinze para as dez patologias que mais ocorreram nesse trecho, descritas em seguida: 1-Trincas por Fadiga (1); 2-Trincas em Blocos (2); 3-Trincas nos Bordos (3); 4-Trincas Longitudinais (4); 5-Remendos (7); 6-Paneles (8); 7-Deformações Permanentes (9); 8-Exsudação (11); 9-Desgaste (13); e 10-Desnível Pista/Acostamento (14).

$$ICP = 100 - \sum_i \sum_j D_{ij} \times f_{ij} = ICP_{AV} \quad (1)$$

*D<sub>ij</sub>* – Extensão do defeito *i* com o nível de severidade *j*;

*f<sub>ij</sub>* – Fator de ponderação do defeito *i* com a severidade *j*;

ICP - Índice de Condição do Pavimento Objetivo;

ICP\_AV - Índice de Condição do Pavimento Subjetivo.

Após selecionar as dez patologias em comum para os 55 segmentos e realizar o inventario da rodovia, foi dada uma nota de 0 (Boa) a 10 (Ruim) para cada problema identificado de acordo com a sua ocorrência, sua severidade e sua extensão. O cálculo do ICP\_PD1 se baseou na Equação 1. Na Tabela 4 é apresentado um resumo para melhor compreensão da primeira avaliação objetiva de cada segmento.

**TABELA 4 - Percentual do ICP\_PD1 da BR060/MS.**

ICP_PD1	QUANT. SH's	% SH's
Muito Ruim	0	0,0%
Ruim	0	0,0%
Regular	1	1,8%
Bom	53	96,4%
Muito Bom	1	1,8%
<b>TOTAL</b>	55	100,0%

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JAN/2015.

O percentual da distribuição da primeira avaliação objetiva (ICP\_PD1) com maior representação foi de 96,4% do estado do pavimento em condições Boas, com um segmento em condição Regular e mais um segmento em condições Muito Boas, conforme constatado na Tabela 4.

### 3.3.3 Avaliação por Pontos Dedutíveis (ICP\_PD2)

A segunda ponderação por pontos dedutíveis, foi feita aproveitando as dez patologias que receberam notas de 0 (Boa) a 10 (Ruim) no ICP\_PD1 e diante dessas notas foram majoradas as notas com relação aos problemas que aconteciam em grande quantidade por segmento avaliado e de acordo com o nível de severidade que aconteciam em cada segmento. Posteriormente foram minoradas as notas com relação aos problemas que aconteciam em menor quantidade por segmento avaliado e de acordo com o nível de severidade que aconteciam em cada segmento.

Os defeitos que tiveram seus pontos dedutíveis reduzidos de 0 (Boa) até 5 (Ruim) foram seis, descritos em seguida: 1-Trincas em Blocos (2); 2-Trincas nos Bordos (3); 3-Trincas Longitudinais (4); 4-Deformação Permanente (9); 5-Exsudação (11); e 6-Desnível Pista Acostamento (14). Os defeitos que tiveram seus pontos dedutíveis aumentados de 0 (Boa) até 15 (Ruim) foram dois, descritos em seguida: 1-Trincas por Fadiga (1); e 2-Paneles (8). Os defeitos que tiveram seus pontos dedutíveis reduzidos de 0 (Boa) até 20 (Ruim) foram dois, descritos em seguida: 1-Remendos (7); e 2-Desgaste (13). O cálculo do ICP\_PD2 se baseou na Equação 1. Na Tabela 5 é apresentado um resumo para melhor compreensão da primeira avaliação objetiva de cada segmento.

**TABELA 5 - Percentual do ICP\_PD2 da BR060/MS.**

ICP_PD2	QUANT. SH's	% SH's
Muito Ruim	0	0,0%
Ruim	1	1,8%
Regular	29	52,7%
Bom	25	45,5%
Muito Bom	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>100,0%</b>

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JAN/2015.

O percentual da distribuição da segunda avaliação objetiva (ICP\_PD2) com maior representação foi de 52,7% do estado do pavimento em condições Regulares, com 45,5% dos segmentos em condições Boas e com um segmento em condição Ruim, conforme constatado na Tabela 5.

### 3.3.4 Avaliação dos Defeitos por Severidade e Extensão (ICP\_SE)

Para complementar as avaliações feitas nesse estudo de caso da BR060/MS para os 55 segmentos homogêneos, foi utilizado como base os valores calculados por (PÁEZ,2015), em sua pesquisa de Dissertação de Mestrado, aonde desenvolveu o peso de cada defeito referente aos 15 defeitos listados pelo Manual do Programa SHRP, gerando valores com base na severidade baixa do defeito, severidade média e severidade alta e também desenvolveu valores com base na extensão baixa do defeito, extensão média e extensão alta do defeito.

**TABELA 6 – Valores do ICPU para o Distrito Federal.**

Nº	SHRP TIPO DE DEFEITO	PESO DEFEITO	FT_SEVER			FT_EXT		
			Baixa-1	Média-2	Alta-3	Baixa-1	Média-2	Alta-3
1	Trincas por Fadiga	11	0,5	0,8	1,0	0,4	0,4	2,6
2	Trincas em Blocos	6	0,3	0,6	1,0	0,6	1,3	3,8
3	Trincas nos Bordos	5	0,3	0,6	1,0	2,1	2,9	2,9
4	Trincas Longitudinais	5	0,2	0,5	1,0	1,4	1,4	1,4
5	Trincas por Reflexão	7	0,2	0,5	1,0	2,1	2,1	2,1
6	Trincas Transversais	5	0,2	0,5	1,0	2,2	2,2	2,2
7	Remendos	8	0,3	0,6	1,0	0,4	0,4	2,8
8	Panelas	12	0,6	0,8	1,0	0,2	2,8	2,8
9	Deformação Permanente	12	0,4	0,7	1,0	0,3	2,9	2,9
10	Corrugação	7	0,2	0,6	1,0	1,6	2,4	2,4
11	Exsudação	4	0,2	0,5	1,0	2,1	2,9	2,9
12	Agregados Polidos	4	0,2	0,5	1,0	2,0	3,1	3,1
13	Desgaste	5	0,1	0,5	1,0	1,3	2,9	4,1
14	Desnível Pista Acostamento	4	0,4	0,6	1,0	2,1	2,1	2,1
15	Bombeamento	5	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7

FONTE: PÁEZ, Edgar Misael Arévalo. Dissertação (Mestrado), p. 112. 2015.

Conforme é compreendido na Tabela 6, os valores são classificados como Índices de Condição dos Pavimentos Urbanos (ICPU) aplicados ao Distrito Federal, o cálculo do ICP\_SE é baseado na Equação 1 de acordo com as informações apresentadas nas Fichas do Inventário do ICP\_AV, ICP\_PD1 e ICP\_PD2. Na Tabela 7 é apresentado um resumo para melhor compreensão da terceira avaliação objetiva de cada segmento.

**TABELA 7 - Percentual do ICP\_SE da BR060/MS.**

ICP_SE	QUANT. SH's	% SH's
Muito Ruim	0	0,0%
Ruim	1	1,8%
Regular	13	23,6%
Bom	40	72,7%
Muito Bom	1	1,8%
<b>TOTAL</b>	55	100,0%

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JAN/2015.

O percentual da distribuição da terceira avaliação objetiva (ICP\_SE) com maior representação foi de 72,7% do estado do pavimento em condições Boas, com 23,6% em condições Regulares e com um segmento em condição Ruim e condição Muito Boa conforme constatado na Tabela 7.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

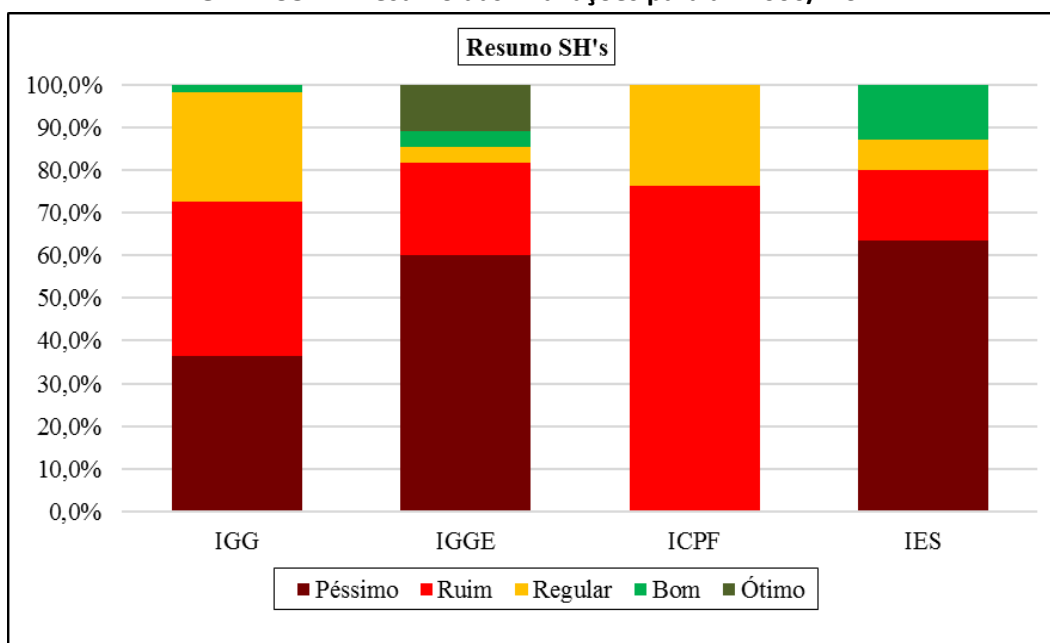
##### 4.1 ANÁLISES DAS NORMAS BRASILEIRAS

Para facilitar a comparação entre os resultados das quatro avaliações realizadas segundo as normas brasileiras foram agrupados os índices Péssimo e Ruim, e Bom e Ótimo. Comparando as duas avaliações objetivas (IGG e IGGE) tem-se uma diferença de 9,0% entre a somatória dos índices Péssimo e Ruim, uma diferença de 21,9% do Índice Regular e uma diferença de 12,8% entre a somatória dos índices Bom e Ótimo, conforme é demonstrado no Gráfico 1.

A avaliação subjetiva (ICPF) é uma das primeiras avaliações a serem feitas no Inventário da Rodovia e os seus valores servem como referência de comparação as avaliações objetivas que foram calculadas, portanto no ICPF da BR060/MS foi apresentado 76,4% em estado Regular e 23,6% em estado Bom, a diferença com o IGG no estado Regular foi de 50,9% e na somatória dos índices Bom e Ótimo foi de 21,9%, já a diferença com o IGGE no estado Regular foi de 72,8% e na somatória dos índices Bom e Ótimo foi de 9,1%, conforme é demonstrado no Gráfico 1.

Quando os resultados das avaliações objetivas e subjetivas apresentam diferenças maiores que 10,0%, entre os seus índices combinados Péssimo e Ruim, Regular, e Bom e Ótimo, a própria avaliação se torna inconfiável e inconsistente para quem for tomar as decisões em “nível de rede” Gerenciando os programas de manutenção para essa rodovia, vale salientar que por facilidade de análise a nomenclatura “Péssimo” pode ser substituída por “Muito Ruim” e a nomenclatura “Ótimo” pode ser substituída por “Muito Bom”, pois a palavra “Muito” quando acrescentada a Ruim ou Bom, por si só já traz em seu significado algo em excesso, em grande quantidade.

**GRÁFICO 1 – Resumo das Avaliações para a BR060/MS.**



FONTE: DYNATEST - PROJETO PROGRAMA CREMA BR060/MS - Lote 8, p. 15-69. Jul/2015.

## 4.2 ANALISES DAS NORMAS DOS ESTADOS UNIDOS

Para as análises dos 55 segmentos avaliados conforme o ICP do Manual do Programa SHRP, foi levado em consideração os valores subjetivos (ICP\_AV) em relação a diferença com as três avaliações objetivas (ICP\_PD1, ICP\_PD2 e ICP\_SE), constatou se que a primeira ponderação (ICP\_PD1) obteve quarenta e cinco segmentos com uma diferença maior que 10,0, já na segunda ponderação (ICP\_PD2) obteve um segmento apenas com uma diferença maior que 10,0 demonstrando assim que o nível de apuração não necessitaria de mais uma ponderação em seus valores para os pontos dedutíveis na avaliação objetiva do ICP. Já a terceira avaliação objetiva baseada nos valores com relação a severidade e extensão obteve quatorze segmentos com uma diferença maior que 10,0, sendo que mais que 70,0% dos segmentos avaliados pelo ICP\_PD2 e o ICP\_SE obtiveram valores muito próximos entre si e entre o ICP\_AV, demonstrando uma coerência nos dados conforme é apresentado na Tabela 8.

**TABELA 8 - Diferença da Somatória dos Quadrados para os ICP's Calculados.**

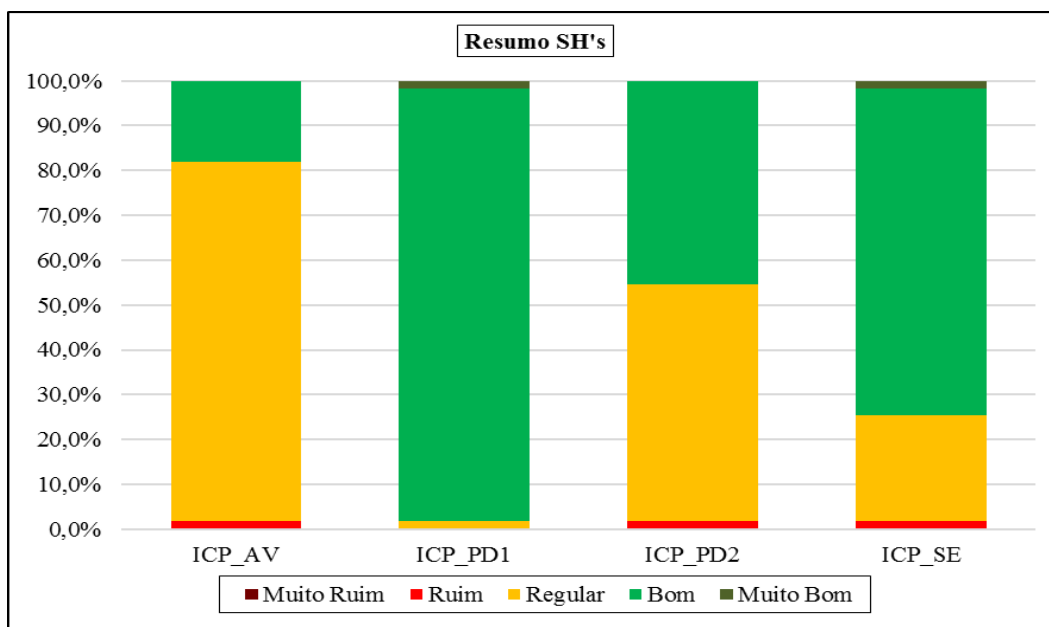
COD_SEG_PIST A	ICP_AV	ICP_PD1	ICP_PD 2	ICP_SE	ICP ( AV - PD1 )	ICP ( AV - PD2 )	ICP ( AV - SE )
1	80	86	76	83	-6,0	4,0	-3,0
2	80	86	85,5	91,1	-6,0	-5,5	-11,1
3	60	79	64	70,6	-19,0	-4,0	-10,6
4	60	81	65	70,6	-21,0	-5,0	-10,6
5	60	81	66,5	73,8	-21,0	-6,5	-13,8
6	60	79	64	72,1	-19,0	-4,0	-12,1
7	60	80	62,5	66	-20,0	-2,5	-6,0
8	60	79	63,5	66,4	-19,0	-3,5	-6,4
9	60	80	63	55,7	-20,0	-3,0	4,3
10	60	82	65	75,2	-22,0	-5,0	-15,2
11	60	83	67	74,4	-23,0	-7,0	-14,4
12	60	81	63	71,2	-21,0	-3,0	-11,2
13	60	84	68	76,6	-24,0	-8,0	-16,6
14	60	86	74	75,9	-26,0	-14,0	-15,9
15	60	82	67	71,6	-22,0	-7,0	-11,6
16	65	84	70	75,4	-19,0	-5,0	-10,4
17	65	84	68	65,1	-19,0	-3,0	-0,1
18	70	87	74	72,8	-17,0	-4,0	-2,8
19	60	81	63	60,5	-21,0	-3,0	-0,5
20	70	85	70	72,8	-15,0	0,0	-2,8
21	70	87	74	72,8	-17,0	-4,0	-2,8
22	70	87	74	72,8	-17,0	-4,0	-2,8
23	70	88	76	78,5	-18,0	-6,0	-8,5
24	70	89	78	78,5	-19,0	-8,0	-8,5
25	70	88	76	78,5	-18,0	-6,0	-8,5
26	60	82	64	65,1	-22,0	-4,0	-5,1
27	70	87	75	77,1	-17,0	-5,0	-7,1
28	70	85	70	77,1	-15,0	0,0	-7,1
29	70	88	77	77,1	-18,0	-7,0	-7,1

COD_SEG_PIST A	ICP_AV	ICP_PD1	ICP_PD 2	ICP_SE	ICP ( AV - PD1 )	ICP ( AV - PD2 )	ICP ( AV - SE )
30	70	85	71	77,1	-15,0	-1,0	-7,1
31	70	85	71	77,1	-15	-1	-7,1
32	60	79	60	63,7	-19	0	-3,7
33	70	85	71	77,1	-15	-1	-7,1
34	70	86	73	77,1	-16	-3	-7,1
35	80	89	78	88,8	-9	2	-8,8
36	80	89	78	88,8	-9	2	-8,8
37	80	89	78	88,8	-9	2	-8,8
38	80	89	78	88,8	-9	2	-8,8
39	85	92	84	89,8	-7	1	-4,8
40	70	85	70	72,2	-15	0	-2,2
41	80	89	78	88,8	-9	2	-8,8
42	70	88	76	75,4	-18	-6	-5,4
43	60	79	59,5	63,7	-19	0,5	-3,7
44	60	78	58	63,7	-18	2	-3,7
45	60	79	59,5	63,7	-19	0,5	-3,7
46	60	80	61	60,5	-20	-1	-0,5
47	60	81	63	60,5	-21	-3	-0,5
48	60	81	63	63,7	-21	-3	-3,7
49	75	86	72	78,5	-11	3	-3,5
50	80	87	74,50	87,4	-7	5,5	-7,4
51	65	74	57	70,5	-9	8	-5,5
52	50	67	46,50	40,6	-17	3,5	9,4
53	70	80	62	77,1	-10	8	-7,1
54	70	85	71	77,1	-15	-1	-7,1
55	65	78	59	77,1	-13	6	-12,1
<b>SOMATÓRIA</b>					-906,00	-105,00	-365,90
<b>SOMATÓRIA DOS QUADRADOS</b>					16.270,00	1.191,00	3.697,45

FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JUN/2015.

No Gráfico 2 são apresentados a avaliação subjetiva (ICP\_AV) aonde os seus valores serviram como referência de comparação com as três avaliações objetivas que foram calculadas, sendo ICP\_PD1, ICP\_PD2 e ICP\_SE para a BR060/MS. O ICP\_AV apresentou uma avaliação de 1,8% na somatória dos índices Muito Ruim e Ruim, uma avaliação de 80,0% no estado Regular e de 18,2% com o estado Bom e Muito Bom, já o ICP\_PD1 apresentou uma avaliação de 0,0% na somatória dos índices Muito Ruim e Ruim, de 1,8% no estado Regular e 98,2% em estado Bom e Muito Bom.

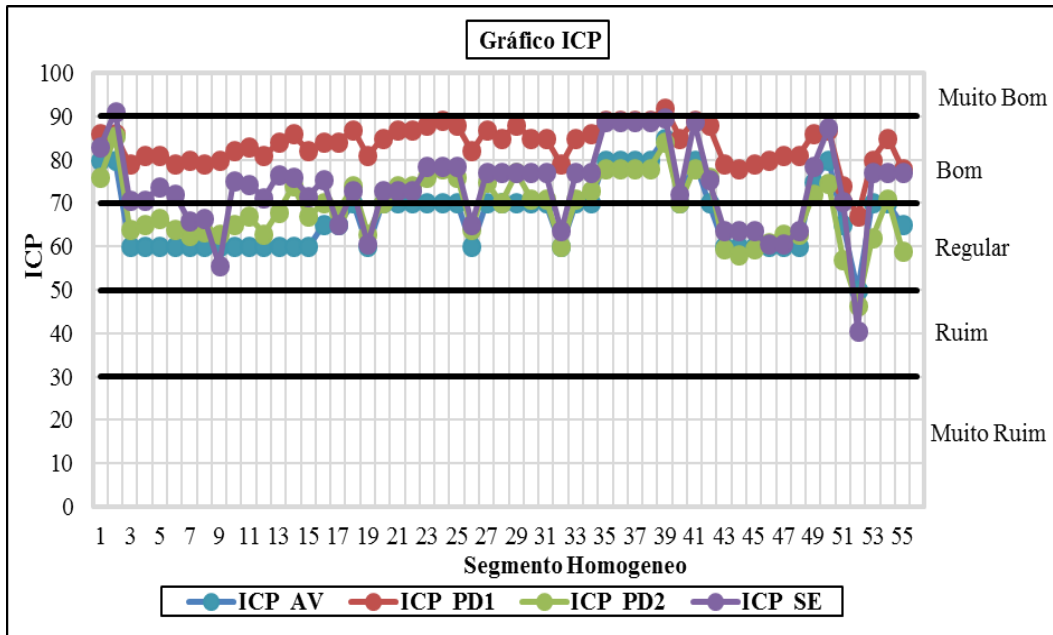
**GRÁFICO 2 - Resumo das Avaliações ICP's para a BR060/MS.**



FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JUN/2015.

O ICP\_PD2 apresentou uma avaliação de 1,8% na somatória dos índices Muito Ruim e Ruim, de 52,7% no estado Regular e 45,5% com o estado Bom e Muito Bom enquanto que o ICP\_SE apresentou uma avaliação de 1,8% na somatória dos índices Muito Ruim e Ruim, de 23,6% no estado Regular e 74,6% com o estado Bom e Muito Bom.

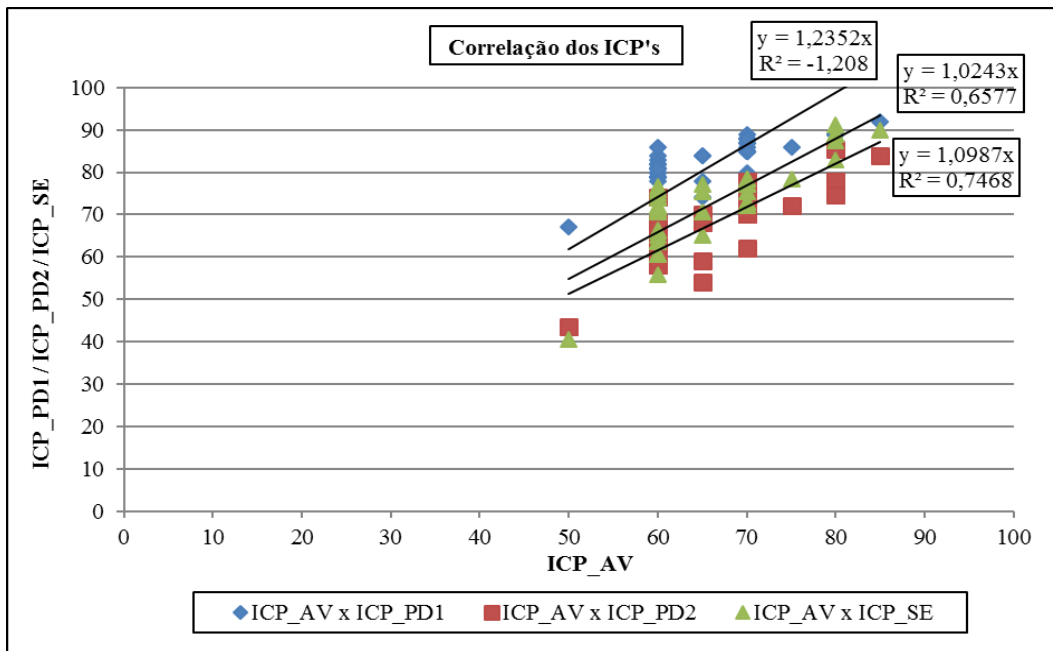
GRÁFICO 3 – Avaliações dos ICP's para a BR060/MS.



FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JUN/2015.

No Gráfico 3 são apresentados a avaliação subjetiva (ICP\_AV) e as três avaliações objetivas que foram calculadas, sendo ICP\_PD1, ICP\_PD2 e ICP\_SE para a BR060/MS, aonde demonstram que a maiores dos segmentos obtiveram avaliações Boas e Regulares.

GRÁFICO 4 – Correlação dos ICP's avaliados para a BR060/MS.



FONTE: Pesquisa efetuada p/Autor na BR060/MS, JUN/2015.

No Gráfico 4 são apresentadas as três avaliações objetivas que foram calculadas, ICP\_PD1, ICP\_PD2 e ICP\_SE sendo correlacionadas através de um gráfico de dispersão de pontos com a avaliação subjetiva ICP\_AV, aonde demonstram que as duas últimas avaliações ICP\_PD2 e ICP\_SE obtiveram melhores linearidades e uma alta precisão na dispersão de seus pontos conforme é demonstrado acima nas linhas de tendências.

### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente foi proposto com este trabalho, analisar e comparar os Métodos de Levantamento de Defeitos em Pavimentos Flexíveis e estudar as influências da avaliação no caso da BR060/MS (Jardim a Bela Vista). Também, a) analisar as diferenças entre os métodos Brasileiros e dos Estados Unidos considerados para avaliação da condição dos pavimentos que influenciam significativamente os resultados dos levantamentos e b) verificar se os métodos de avaliação interferem nas decisões e nos dimensionamentos decorrentes das avaliações.

Percebeu-se que embora o Método de levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis do Manual do Programa SHRP pelo ICP que é utilizado nos Estados Unidos seja um método mais detalhado e preciso, tem demonstrado através de seus resultados maiores confiabilidade e convergência entre as suas informações, todavia seja um procedimento mais demorado por ser feito a pé. Enquanto que o Método de levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis do DNIT utilizado no Brasil possa gerar dúvidas e dificultar no momento da avaliação por não quantificar a extensão dos defeitos e determinar o nível de sua severidade quando o mesmo ocorre. Por exemplo, no cálculo do IGGE são agrupados os defeitos Panelas (buracos) e Remendos, ao passo que no LVC não se avalia a extensão de Remendos e Panelas (buracos), mas apenas o quantifica.

As duas avaliações objetivas no estudo de caso da BR060/MS (Jardim a Bela Vista) segundo as normas brasileiras obtiveram divergência nos resultados finais entre si e entre a avaliação subjetiva, sendo que os valores obtidos pelo IGG tiveram as maiores condições da Rodovia entre Péssimo (36,4%), Ruim (36,4%) e Regular (25,5%) enquanto que o IGGE apresentou as maiores condições entre Péssimo (60,0%), Ruim (21,8%) e Ótimo (11,0%). Já a avaliação subjetiva para a Rodovia se dividiu em duas condições Regular (76,4%) e Bom (23,6%).

Para as duas avaliações objetivas no estudo de caso da BR060/MS (Jardim a Bela Vista) segundo as normas dos EUA obtiveram convergência nos resultados finais entre si e entre a avaliação subjetiva tendo variação apenas nos percentuais de cada condição, sendo que o ICP\_PD2 (avaliação por pontos dedutíveis sofrendo a segunda e última calibração) teve as maiores condições entre Regular (52,7%) e Bom (45,5%), já o ICP\_SE (avaliação por severidade e extensão) apresentou maiores condições entre Regular (23,6%) e Bom (72,7%), todavia a avaliação subjetiva teve as maiores condições entre Regular (80,0%) e Bom (18,2%).

Percebe-se que confrontado os resultados do estudo de caso, pode-se afirmar que as normas brasileiras para levantamento de defeitos de pavimentos flexíveis possuem aspectos que podem ser melhorados através de adaptação e incorporação das normas dos estados unidos, visando uma definição simples e clara do inventário dos defeitos tornando mais eficiente à aplicação das normas brasileiras para esse tipo de serviço. Todavia os índices do ICP\_SE calculados para os pavimentos urbanos do Distrito Federal podem ser aplicados nos levantamentos de defeitos de pavimentos flexíveis das rodovias pavimentadas.

Como sugestão de projetos de pesquisa para o futuro pode-se desenvolver um ICP tendo por parâmetro os 15 defeitos do Manual do Programa SHRP, levando em consideração a severidade de cada defeito e a extensão com que cada um ocorre (metros, metros quadrados ou em quantidade) para a BR060/MS (Jardim a Bela Vista) objeto do estudo de caso desse trabalho e para todos os sub-trechos das rodovias federais pavimentadas mapeando todo o Estado do MS gerando assim um banco de dados que auxilie continuamente aos profissionais do órgão federal DNIT/MS a gerenciarem e a otimizarem custos com os programas de manutenção das rodovias.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas privadas ETEL Estudos Tecnicos Ltda, Dynatest Engenharia Ltda e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT-MS), por apoiarem este trabalho por meio de parceria, cedendo informações dos levantamentos de campo da BR060/MS (Jardim a Bela Vista), tornando possível a realização das pesquisas aqui apresentadas.

## REFERÊNCIAS

- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES; Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2008.
- BRASIL. DNIT. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Procedimento. **NORMA DNIT 006 / 2003 - PRO**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ: DNIT. 2003.
- BRASIL. DNIT. Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos. Procedimento. **NORMA DNIT 007 / 2003 - PRO**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ: DNIT. 2003.
- BRASIL. DNIT. Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimento. **NORMA DNIT 008 / 2003**. Rio de Janeiro, RJ: DNIT. 2003.
- BRASIL. DNIT. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Procedimento. **NORMA DNIT 009 / 2003 - PRO**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ: DNIT. 2003.
- BRASIL. DNIT. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Terminologia. **NORMA DNIT 005 / 2003 - TER**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ: DNIT. 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Banco de Informações e Mapa de Transportes - BIT. Transporte rodoviário no Brasil. **Mapas online**. Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/rodo.html>. Acesso em: 31 out. 2014.
- BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação-Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de Pavimentos Rodoviários**. Publicação IPR-720. Ministérios dos Transportes, DNIT, 2006.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV. **Legislação online**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Lei/L12379.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12379.htm). Acesso em: 31 out. 2014.
- BRASIL. DNER. Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos - Procedimento. **NORMA DNER 159 / 1985 - PRO**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ. 1985.
- BRASIL. DNER. Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - TECNAPAV -Procedimento. **NORMA DNER 269 / 1994**. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ. 1994.

- CAREY, W. N.; IRICK, P. E. *The Pavement Serviceability-Performance Concept*. **HRB Bulletin**, 250. 1960 p.40-68. In: HENRY, John J.; WAMBOLD, James C. *Vehicle, tire, pavement interface*. Santa Barbara-California: ASTM, 1990.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE - CNT. Pesquisa CNT de Rodovias 2014. Mais pontos críticos e metade do pavimento com problemas. 18.ed. 2014. **Informe online**. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/principaisDados.aspx>. Acesso em: 31 out. 2014.
- DOMINGUES, Felipe Augusto A. **Manual para identificação de revestimento asfáltico de Pavimentos**. São Paulo: Domingues, 1993.
- FERNANDES JUNIOR, J.L.; ODA, S.; ZERBINI, L.F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes. São Carlos-SP, UFSC, 2003.
- HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Florida, EUA: Malabar, 1994. 577 p.
- MACHADO, Denise Maria Camargo. **Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra-Estrutura de Transporte - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2013. p. 46-53.
- MAPC. PAVEMENT MANAGEMENT. **A Manual for Communities**. U.S. Departamento of Transportation. Boston MA: Metropolitan Area Planning Council, 1986.
- U.S. Department of Transportation. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies**. Federal Highway Administration. The Strategic Highway Research Program-SHRP. 2003.
- PÁEZ, Edgar Misael Arévalo. **Índice de Condição do Pavimento (ICP) para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infra-Estrutura de Transporte - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.



[www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br)

## Submissão de Trabalhos Técnicos para a Revista Pavimentação

- 1. A Revista PAVIMENTAÇÃO é uma publicação técnica e científica de divulgação da ABPv. As contribuições para a revista devem ser de caráter exclusivamente técnico e estão abertas aos sócios e aos profissionais da Engenharia Rodoviária, Ferroviária e Aeroportuária nacional e internacional.
- 2. A Revista pode também apresentar eventualmente matérias especiais redigidas pelo seu corpo técnico editorial e pela diretoria da ABPv como forma de divulgação de opiniões ou comentários considerados relevantes como “voz” da ABPv.
- 3. Os artigos e contribuições como nota técnica, inéditos, podem ser enviados em qualquer época do ano para serem publicados em uma das quatro edições anuais ou até no ano seguinte dependendo do número de matérias selecionadas.
- 4. Os trabalhos, sejam científicos, sejam técnicos ou de outra natureza encaminhados para eventual publicação, serão submetidos a avaliação de três profissionais que compõem o Comitê Técnico-Científico da Revista, escolhidos de acordo com o perfil do material a ser julgado. Aos avaliadores não será dado a conhecer os autores do artigo ou trabalho antes da avaliação e também é vedada a divulgação para os autores da identidade dos avaliadores.
- 5. Os avaliadores recebem da ABPv um questionário indicativo dos itens a serem avaliados em cada contribuição para Revista PAVIMENTAÇÃO, podendo sugerir três opções de encaminhamento:
  - O trabalho é aceito para publicação;
  - O trabalho não é aceito para publicação e será então devolvido aos autores;
  - O trabalho poderá vir a ser aceito caso os autores concordem em fazer algumas modificações sugeridas por um ou mais avaliadores.
- 6. Cabe à Diretoria da ABPv julgar os casos omissos e autorizar a publicação de contribuições de caráter não técnico, eventualmente, em função dos assuntos abordados e da disponibilidade de espaço.
- 7. O resultado da avaliação de qualquer material encaminhado à Revista PAVIMENTAÇÃO será levado ao conhecimento dos autores dos mesmos informando o destino que será dado à sua contribuição que pode ser: publicação imediata no próximo número a ser lançado, publicação em número subsequente devido ao excesso de contribuições ou não publicação.
- 8. O Autor ou autores das contribuições aceitas para publicação devem concordar com a reprodução de seu material sem nenhum direito a qualquer custo de direitos autorais já que a ABPv é uma entidade sem fins lucrativos e a Revista PAVIMENTAÇÃO destina-se preferencialmente aos sócios e não será utilizada para venda com fins lucrativos.
- 9. As contribuições para a Revista PAVIMENTAÇÃO devem ser encaminhadas de preferência por meio digital, podendo estar em formato PDF somente na fase de julgamento pelo Comitê. Os originais deverão ser produzidos em programa Microsoft Word. As figuras deverão ser fornecidas em separado, com resolução mínima de 300dpi. Caso a foto seja digital, a resolução deverá ser de no mínimo de 3.2 mega pixels. Não sendo as fotos do(s) autor (es), este(s) será(ão) responsável(eis) por declarar os créditos das mesmas e obter a autorização para publicação. Nos gráficos, evitar utilizar cores e dar preferência a símbolos que possam distinguir claramente as informações relevantes da figura. Nas tabelas não devem ser utilizadas formatações, bordas ou sombreamentos. As tabelas devem ser bem nítidas, identificadas com numeração própria e título. As equações podem ser criadas por um aplicativo externo, podem ser feitas com fontes de símbolos ou com o editor de equações do próprio programa usado para o trabalho. Em qualquer caso, elas devem ser numeradas consecutivamente ao longo do documento. As unidades deverão ser expressas no SI.
- 10. As contribuições podem ser de no mínimo 2 e de no máximo 15 páginas em formato A4, editadas em fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. Número maior de páginas poderá ser aceito em casos excepcionais a critério da Editoria da Revista.
- 11. Os textos deverão ser escritos em português, em linguagem adequada e correta, sendo de responsabilidade do(s) autor(res) a revisão ortográfica, as referências bibliográficas devem seguir o padrão ABNT, tipo por citação de sobrenome e ano (ex. MATHEUS, 1994) e preferencialmente os artigos devem apresentar um resumo de 200 a 300 palavras, resumo em inglês de igual conteúdo do resumo em português (ABSTRACT) e indicar de 3 a 5 palavras-chaves. Artigos em outros idiomas podem eventualmente serem aceitos a critério da Editoria da revista.
- 12. Estas especificações podem ser eventualmente revistas a critério da Editoria da Revista e da Diretoria da ABPv a qualquer tempo, cabendo aos artigos e contribuições já submetidos se adequarem seguindo as regras existentes à época da submissão do seu material. Associe-se e acesse todas as edições da revista na íntegra. Colabore para a manutenção da Revista Pavimentação enviando seu artigo para [abpv@abpv.org.br](mailto:abpv@abpv.org.br), sugestões e se associando à ABPv.



[www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br)

[INSCREVA-SE EM EAD](#)

[ENSINO A DISTÂNCIA](#)

[DRENAGEM URBANA](#)

[CLICANDO AQUI!](#)

[CLIQUE AQUI!](#)

[ANUIDADE DE 2018](#)

Sócio individual - pessoa física

**ATENÇÃO:** Se estiver inadimplente com outros anos, entre em contato com a Secretaria

RESPONDA A PESQUISA E ESCOLHA EM QUAL CIDADE DESEJA A REALIZAÇÃO DE SEU(S) CURSO(S) .

CLIQUE NO(S) DE SEU INTERESSE , PREENCHA AS INFORMAÇÕES PARA QUE RECEBA A PROGRAMAÇÃO AO TÉRMINO DESTE LEVANTAMENTO!

- ◆ [AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E PROJETO DE REFORÇO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEIO AMBIENTE - PRESENCIAL](#)
- ◆ [BÁSICO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [CONTROLE DA QUALIDADE EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [CUSTOS E ORÇAMENTOS RODOVIÁRIOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DRENAGEM – URBANA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [DRENAGEM DE ESTRADAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [ENGENHARIA FERROVIÁRIA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [HDM 4 - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MATERIAIS E MISTURAS ASFÁLTICAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MECÂNICA DOS PAVIMENTOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [MÉTODO BAILEY DE DOSAGEM - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PRÁTICO DE MATERIAIS ASFÁLTICOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PRÁTICO DE SOLOS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE OBRAS RODOVIÁRIAS - PRESENCIAL](#)
- ◆ [QUALIDADE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - PRESENCIAL](#)
- ◆ [TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS - CONSTRUÇÃO, QUALIDADE E CASOS DE OBRAS - PRESENCIAL](#)

RESPONDA A PESQUISA E ESCOLHA EM QUAL MÊS DESEJA A REALIZAÇÃO DE SEU(S) CURSO(S)!

CLIQUE NO(S) DE SEU INTERESSE , PREENCHA AS INFORMAÇÕES PARA QUE RECEBA A PROGRAMAÇÃO AO TÉRMINO DESTE LEVANTAMENTO!

- ⇒ [AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E PROJETO DE REFORÇO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEIO AMBIENTE - EAD](#)
- ⇒ [BÁSICO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA - EAD](#)
- ⇒ [CONTROLE DA QUALIDADE EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - EAD](#)
- ⇒ [CUSTOS E ORÇAMENTOS RODOVIÁRIOS - EAD](#)
- ⇒ [DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [DRENAGEM DE ESTRADAS - EAD](#)
- ⇒ [DRENAGEM URBANA - EAD](#)
- ⇒ [ENGENHARIA FERROVIÁRIA - EAD](#)
- ⇒ [HDM 4 - EAD](#)
- ⇒ [MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [MATERIAIS E MISTURAS ASFÁLTICAS - EAD](#)
- ⇒ [MECÂNICA DOS PAVIMENTOS - EAD](#)
- ⇒ [MÉTODO BAILEY DE DOSAGEM - EAD](#)
- ⇒ [PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE OBRAS RODOVIÁRIAS - EAD](#)
- ⇒ [QUALIDADE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - EAD](#)
- ⇒ [TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS - CONSTRUÇÃO, QUALIDADE E CASOS DE OBRAS - EAD](#)