

**PLANO DE TRABALHO DO TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA Nº 352/2020**

PROCESSO Nº 23106.118540/2019-84

**1. DADOS CADASTRAIS DA UNIDADE DESCENTRALIZADORA****a) Unidade Descentralizadora e Responsável**Nome do órgão ou entidade descentralizador (a): **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)**Nome da autoridade competente: **Luiz Guilherme Rodrigues de Mello**Número do CPF: **765. [REDACTED]-72**Nome da Secretaria/Departamento/Unidade Responsável pelo acompanhamento da execução do objeto do TED: **Diretoria de Planejamento e Pesquisa - DPP**Identificação do Ato que confere poderes para assinatura: Artigo 175, inciso XVIII, do **Regimento Interno do DNIT, aprovado pela Resolução nº 39, de 17 de novembro de 2020, publicada no Diário Oficial da União em 19 de novembro de 2020 e a Portaria nº 3.661, de 29 de junho de 2022.****b) UG SIAFI**Número e Nome da Unidade Gestora - UG que descentralizará o crédito: **393003 - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).**

Número e Nome da Unidade Gestora responsável pelo acompanhamento da execução do objeto do

TED: **393005 - Diretoria de Planejamento e Pesquisa****2. DADOS CADASTRAIS DA UNIDADE DESCENTRALIZADA****a) Unidade Descentralizada e Responsável**Nome do órgão ou entidade descentralizada: **Universidade de Brasília**Nome da autoridade competente: **Prof.ª Márcia Abrahão Moura**Número do CPF: **334 [REDACTED]00**

Nome da Secretaria/Departamento/Unidade Responsável pela execução do objeto do TED:

**FT/Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (ENC)**Identificação do Ato que confere poderes para assinatura: **Decreto de 19 de novembro de 2020 - Recondição da Reitora Márcia Abrahão Moura por mais 4 anos de mandato, publicado no Diário Oficial da União em 22 de novembro de 2020.****b) UG SIAFI**Número e Nome da Unidade Gestora - UG que receberá o crédito: **154040/15257 - Universidade de Brasília**Número e Nome da Unidade Gestora - UG Responsável pela execução do objeto do TED: **154040/15257 - Universidade de Brasília****3. OBJETO**

O presente projeto tem como objeto uma cooperação técnico-científica, intercâmbio de conhecimentos, informações e experiências entre a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a Universidade de Brasília (UnB), visando ao aprimoramento e consolidação do método de dimensionamento de pavimentos para o modo rodoviário e pesquisas direcionadas à infraestrutura ferroviária para contribuir na construção do conhecimento, a fim de desenvolver futuros métodos de dimensionamento de pavimento ferroviário.

Cumprindo a legislação vigente, a UnB poderá, a seu critério, contratar a sua Fundação de Apoio, em benefício da execução do Projeto. Neste caso, a UnB deverá manter estrito controle dos recursos financeiros recebidos, de modo a empregá-los exclusivamente no objeto deste TED.

Como objetivo geral, para além dos próprios resultados técnicos e econômicos, aponta-se o aprimoramento e consolidação das teorias, métodos e instrumentos para dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis, bem como contribuir para a construção de conhecimento, a fim de desenvolver métodos de dimensionamento de pavimento ferroviário.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Revisão, aprimoramento e desenvolvimento metodológico do método mecanístico-empírico de dimensionamento para pavimentos rodoviários flexíveis (MeDiNa);
- Revisão, aprimoramento e consolidação das teorias, métodos e instrumentos para dimensionamento de pavimentos ferroviários com uso de geossintéticos;
- Revisão, aprimoramento e consolidação das teorias, métodos e instrumentos para dimensionamento de drenagem para pavimentos ferroviários.

**4. DESCRIÇÃO DAS AÇÕES E METAS A SEREM DESENVOLVIDAS NO ÂMBITO DO TED**

Este item apresenta uma descrição mais ampla (Revisão bibliográfica), atividades e metas a serem desenvolvidas e atingidas em cada módulo.

A literatura essencial para o desenvolvimento do projeto será apresentada nesta seção. A revisão sintetiza a compreensão da abordagem mecanístico-empírica do dimensionamento de pavimentos flexíveis, e Novo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa) para a abordagem rodoviária, além da ampliação da base de dados de materiais lateríticos para camadas de base e sub-base. Ainda, para o modo ferroviário, são abordados conhecimentos sobre comportamento de estruturas ferroviárias, através da instrumentação da super e infraestrutura ferroviária e o estudo da utilização de geossintéticos para drenagem e filtração de ferrovias.

#### **4.1. ABORDAGEM RODOVIÁRIA**

Faz-se, nesta seção o levantamento bibliográfico de temas relativos aos pavimentos rodoviários e seu dimensionamento. Posteriormente, aspectos ligados a materiais lateríticos usados na pavimentação, além de estudos sobre misturas granulométricas e asfálticas são abordados, por fazerem parte do escopo do projeto.

##### **4.1.1. DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

O pavimento rodoviário é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (Bernucci et al, 2008). No caso de pavimentos flexíveis, a camada de revestimento superficial, que recebe diretamente as cargas do tráfego, é geralmente composta de concreto asfáltico.

O dimensionamento de um pavimento consiste basicamente na definição de materiais adequados para a construção de camada, bem como do cálculo das espessuras de cada camada em função das condições do material de fundação (subleito), das solicitações do tráfego ao longo do período de projeto, e das condições ambientais na região de implantação da rodovia. Em função da variabilidade do tráfego e do clima ao longo do período de vida útil (10 a 20 anos, em geral) de uma rodovia, o dimensionamento é um processo complexo e diferentes metodologias estão disponíveis de acordo com os órgãos regulatórios de cada país.

O método de dimensionamento atualmente utilizado no Brasil (Souza,1981) remonta a estudos da década de 1960 e adota uma abordagem predominantemente empírica com base em estudos realizados em pistas experimentais desenvolvidas nos Estados Unidos. Apesar de várias adaptações para a realidade local, tal método encontra-se defasado em função das mudanças no volume e tipo de tráfego, surgimento de novos materiais e novas formas avançadas de cálculo.

Com o desenvolvimento de novas teorias de comportamento de materiais e o avanço de métodos de cálculo com o auxílio de computadores, a tendência mundial é pela adoção de métodos de cálculos mais racionais. Estes métodos fazem uso de conceitos das teorias de elasticidade, plasticidade e visco-elasticidade, para matematizar o comportamento constitutivo dos materiais. Os cálculos das espessuras das camadas são baseados em estimativas dos estados de tensão e deformação gerados no interior da estrutura do pavimento. Para tanto, as condições de equilíbrio são obtidas com base nas equações da Mecânica dos Meios Contínuos. Para análise do fenômeno de fadiga das camadas coesivas, é possível utilizar a Mecânica das Fraturas e a Mecânica de Danos. Daí se dizer que estes métodos são (em parte) mecanísticos.

Independentemente de o método de dimensionamento ser mais empírico ou mais mecanístico, a estimativa confiável de vida útil dos pavimentos requer a disponibilidade de modelos consistentes, calibrados e validados para a previsão correta do desempenho futuro dos pavimentos. Desta forma a comparação de resultados dos modelos com dados reais é indispensável para validar sua aplicabilidade, capacidade de representação e limitações. A calibração de modelos permite o ajuste de seus parâmetros dentro de intervalos aceitáveis, fazendo com que o erro entre os resultados do modelo e os medidos sejam minimizados até uma acurácia aceitável.

O dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos flexíveis tem sido adotado como uma alternativa muito mais confiável e otimizada do que métodos empíricos tradicionais.

Lista-se, abaixo, os principais textos de referência:

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO (1986). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D. C.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO (2008). Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. Interim Edition, A Manual of Practice. Washington, D. C.

FRANCO, F. A. C. P. (2007). Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SisPav. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ.

FRANCO, F. A. C. P. (2018). Análise Elástica de Múltiplas Camadas. Manual de Utilização. Versão 2.4. Rio de Janeiro.

FRANCO, F. A. C. P. (2018). BackMeDiNa. Manual de Utilização. Versão 1.1. Rio de Janeiro.

FRANCO, F. A. C. P. (2018). MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional. Manual de Utilização. Versão 1.0.0. Rio de Janeiro.

RESEARCH BOARD, Washington, DC, 179–190. National Cooperative Highway Research Program - NCHRP (2004) Guide for Mechanistic-Empirical Design of A New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report NCHRP 1-37 A. Champaign, Illinois.

Adicionalmente, a seguinte produção acadêmica/técnica própria lastreia teórica e metodologicamente o desenvolvimento do projeto:

ALVARES, L. ; B NETO, L. ; BERNUCCI, L. L. B. (1998). Proposta de Um Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Para Vias de Baixo Volume de Tráfego Com Utilização de Solos Lateríticos. In: 31a Reunião Anual de Pavimentação. 31a Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo. v. 1. p. 372-389.

ARAÚJO, J. L. (2009). Características Funcionais e Mecânicas de Misturas Asfálticas para Revestimento de Pavimentos Aeroportuários. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM177/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147 p.

BERNUCCI, L. L. B. (1997). Módulo Resiliente de Solos Lateríticos e Sua Aplicação Ao Dimensionamento de Pavimentos de Vias de Baixo Volume de Tráfego. In: I Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. I Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro, RJ. v. II. p. 490-508.

FARIAS, M. M.; MONTEIRO, S. A. (1996). Utilização de Modelos Elásticos Lineares e Não-Lineares Na Retroanálise de Propriedades de Pavimentos. In: 30o Reunião Anual de Pavimentação, 1996, Salvador, BA. Anais da 30o Reunião Anual de Pavimentação, v. 2. p. 791-809.

FARIAS, M. M.; MELLO, L. G. R. (2016) . Ensaios modernos de desempenho de misturas asfálticas com vistas ao dimensionamento mecânico de pavimentos flexíveis. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

FARIAS, M. M. ; SINISTERRA, F. Q. ; QUINTANA, H. A. R. (2019) . Behavior of a hot mix asphalt made with recycled concrete aggregate and crumb rubber. CANADIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, v. 46, p. 544-551.

MONTEIRO, S.A. (1996). Análise comparativa entre metodologias de dimensionamento de reforço de pavimentos flexíveis. Dissertação de Mestrado, Publicação G.D.M.-034/96, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 133 p.

MONTEIRO, S. A. ; FARIAS, M. M. ; CARVALHO, J. C. (1996). Estudo Comparativo de Metodologias de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis. In: 30o Reunião Anual de Pavimentação, 1996, Salvador - BA. Anais da 30o Reunião Anual de Pavimentação. Salvador, Bahia, Brasil, v. 3. p. 1397-1426.

MOTA, R. V. ; BOSSO, M. ; BESSA, I. S. ; VASCONCELOS, KAMILLA L ; BERNUCCI, L.L.B. (2018). Efeito do Tráfego no Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos Utilizando Dados de Pedágio. In: 32o Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2018, Gramado, RS. Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes.

PAOLUCCI, H. N. ; FARIAS, M. M. ; CARVALHO, J. Camapum. (1995). Análise de Dimensionamento de Um Pavimento Flexível Através de Um Programa de Elementos Finitos. In: 29a Reunião Anual de Pavimentação, 1995, Cuiabá, MT. Anais da 29a Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, . v. 2. p. 464-493.

SANTOS, C. R. ; SUZUKI, C. Y.; BERNUCCI, L. L. B. (2016). A Probabilistic Approach for Asphaltic Pavements Design in Brazil. In: Eighth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements. Proceedings of the Eighth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements. p. 593-602.

SANTOS, C. R. G. ; BERNUCCI, L. L. B. ; SUZUKI, C. Y. (2012). Considerações sobre Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos Utilizando uma Abordagem Probabilística. Revista Pavimentação, v. 24, p. 47-63.

SOUZA JR, J. G. ; MOTTA, L. M. G. ; SILVA, R. C. (2019). Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos pelo Novo Método Normalizado no Brasil (MeDiNa). In: 9º Congresso Rodoviário Português, 2019, Lisboa. 9º Congresso Rodoviário Português - Importância de boas práticas.

#### **4.1.2. COMPORTAMENTO DE MATERIAIS LATERÍTICOS, MISTURAS GRANULOMÉTRICAS E ASFÁLTICAS**

Há uma relação direta entre os materiais utilizados e a durabilidade das estruturas de pavimento. A qualidade dos materiais utilizados está, muitas vezes, ligada aos custos e às limitações ambientais que são impostas, outras vezes, é condicionada à falta de materiais apropriados na região.

Os principais estudos próprios que embasam o levantamento de características técnicas de materiais lateríticos para utilização em pavimentos rodoviários, misturas granulométricas e asfálticas são listados a seguir.

BEJA, I. A. ; FARIAS, MÁRCIO M. ; BARBOSA, L. Y. S. (2018). Dosagem De Mistura Tipo Large Stone Asphalt Mixture No Distrito Federal. In: 32 ANPET, 2018, Gramado - RS. Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. p. 1620.

FALCÃO, P. R. F. ; OLIVEIRA, C. G. M. ; FARIAS, M. M. ; BENEVIDES, S. A. S. (2003). Influência da Variação da Composição Granulométrica nas Propriedades Mecânicas de Misturas Asfálticas CBUQ. In: 12a Reunião Anual de Pavimentação Urbana, Aracaju, Sergipe, 2003. p. 1-17.

GÓNGORA, IVONNE A. M. G. (2016); Palmeira, Ennio M. . Assessing the Influence of Soil-Reinforcement Interaction Parameters on the Performance of a Low Fill on Compressible Subgrade. Part II: Influence of Surface Maintenance. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, v. 2, p. 2-12.

MELLO, F. G. R. ; FARIAS, M. M.Z ; KALOUSH, K. E. (2018). Using damage theory to analyze fatigue of asphalt mixtures on flexural tests. INTERNATIONAL JOURNAL OF PAVEMENT RESEARCH AND TECHNOLOGY, v. 11, p. 617-626, 2018.

MOIZINHO, J. C. ; CARVALHO, J. C.; FARIAS, M. M. (2006). Comportamento mecânico de misturas betuminosas com agregados lateríticos. In: 37a Reunião Anual de Pavimentação (RAPv) / 11o Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR), Goiânia, Goiás. Os Caminhos da Integração, 2006. v. 1. p. 1-12.

MOIZINHO, J. C. ; CARVALHO, J. C. ; FARIAS, M. M. (2006). Caracterização de agregados lateríticos do Distrito Federal e do estado de Roraima para uso em obras rodoviárias. In: III Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, 2006, Curitiba, Paraná. COBRAMSEG 2006. v. 1. p. 185-190.

MOIZINHO, J. C. ; CARVALHO, J. C. ; FARIAS, M. M.; BERNUCCI, L. L. B. (2006). Comportamento de Mistura Betuminosa Densa Fabricada com Agregado Laterítico do Distrito Federal. In: 13ª Reunião Anual de Pavimentação, Maceió, Alagoas, Brasil. 13ª Reunião Anual de Pavimentação, 2006. p. 1-11.

MOIZINHO, J. C. ; CARVALHO, J. C. ; FARIAS, M. M.(2008) . Uso de Agregados Lateríticos em Obras geotécnicas. In: XIV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Búzios, Rio de Janeiro. COBRAMSEG, 2008. v. 2. p. 2196-2202.

MOIZINHO, J. C. ; CARVALHO, J. C. ; FARIAS, M. M. (2009). Capítulo 7 - Caracterização e Uso de Agregados Lateríticos em Misturas Asfálticas: Uma Contribuição para o Desenvolvimento Sustentável das Regiões Norte e Nordeste do País. In: José Camapum de Carvalho; Manoel Porfírio Cordão Neto; Larissa Andrade de Aguiar. (Org.). Coleção Geotecnia UnB. 1ed.Brasília - DF: Editora FT, v. 1, p. 133-153.

OLIVEIRA, S. A. B. ; REIS, J. M. ; PEREIRA, J. H. F. ; CARVALHO, J. Camapum ; FARIAS, M. M. (1997). Caracterização Mecânica de Materiais Recicláveis Para Base de Pavimento. In: I SIMBATRA- 1o Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo de Tráfego, 1997, Rio de Janeiro - RJ. Anais do I SIMBATRA- 1o Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo de Tráfego. Rio de Janeiro, Brasil, v. II. p. 695-705.

OLIVEIRA, C. G. M. ; FARIAS, M. M. ; CARVALHO, J. C. (2003). Estudo de Misturas Asfálticas Drenantes com Agregado Calcário do DF. In: VIII ENACOR, Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, Gramado, RS, Brasil, 2003. p. 1-10.

PALMEIRA, E. M.; GÓNGORA, I. A. G. (2016). Assessing the Influence of Some Soil-Reinforcement Interaction Parameters on the Performance of a Low Fill on Compressible Subgrade. Part I: Fill Performance and Relevance of Interaction Parameters. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, v. 2, p. 1-17.

RIBEIRO, L. R. ; CARVALHO, J. C. ; PALMEIRA, E. M. (2005). The Use of Alternative and Improved Construction Materials and Geosynthetics in Pavements-Chapter 26. In: Buddima Indraratna. (Org.). *Ground Improvement Case Histories*. 1ed.London: Elsevier, v. 1, p. 767-790.

SANTOS, J. (2004). Estabilização de uma Argila Laterítica do Distrito Federal para uso em Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-127/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.

SILVA, R. C.; AMARAL, L. S. ; MUNIZ, D. D. ; ROMEIRO JUNIOR, C. L. S. (2015). Análises do Comportamento e Desempenho dos Pavimentos da Via040, Brasília/DF a Juiz de Fora/MG. *Revista ANTT*, v. 7, p. 1-15.

SILVA, R. C.; SOUZA JR, J. G. (2016). Análises de Desempenho dos Pavimentos com uso do HDM-4. In: Anna Laura L.S. Nunes, Cláudio F. Mahler, Fernando A.B. Danziger, Francisco J.C.O. Castro, Francisco R. Lopes, Francisco Thiago S. Aragão, Ian S.M. Martins, Laura M.G. Motta, Marcio S.S. Almeida, Maria C. Barbosa, Mauricio Ehrlich. (Org.). *Jacques de Medina : visionário humanista*. 1ed.Rio de Janeiro / RJ: COPPE/UFRJ, v. 1, p. 371-379.

SILVA, R. C.; SOUZA JR, J. G. ; COSTA, D. P. ; AMARAL, L. S. ; ROMEIRO JUNIOR, C. L. S. ; MUNIZ, D. D. (2016). Desempenho Funcional e Estrutural de Pavimentos Flexíveis. In: 45ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), 2016, Brasília/DF. *Técnicas de pavimentação e conservação rodoviária*.

SILVA, R. C.; SOUZA JR, J. G. ; UZEDA, L. A. P. G. (2019). Gerência de Pavimentos através de Monitorações e Modelagens. In: 9º Congresso Rodoviário Português, Lisboa. 9º Congresso Rodoviário Português - Importância de boas práticas.

## **4.2. ABORDAGEM FERROVIÁRIA**

Acerca dos pavimentos ferroviários, são levantadas bibliografias necessárias para o planejamento de instrumentação de trecho experimental de ferrovia, implementação de modelo físico laboratorial, e estudo de geossintéticos empregados em drenagem de obras ferroviárias.

### **4.2.1. INSTRUMENTAÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE DA SUPERESTRUTURA E FERROVIÁRIA**

As ferrovias apresentam grande relevância no Brasil, principalmente pelo papel que desempenham no transporte de cargas. Diante disso, se faz necessário o estudo do delas para conseguir entender seu comportamento e garantir seu funcionamento. A realização de investigações de campo e laboratoriais, associadas ao uso de instrumentação geotécnica, permitem compreender e prever o comportamento seu comportamento. A instrumentação fornece dados que permitem a verificação de critérios e parâmetros adotados em projeto, indicando o desempenho da obra. Adicionalmente, o monitoramento contínuo possibilita o acompanhamento da segurança da obra, durante ou mesmo após a construção, permitindo tomadas de decisão e a realização de medidas corretivas, caso necessárias.

Neste sentido são apresentadas as bibliografias relevantes sobre o assunto.

FERNANDES, G.; PALMEIRA, E. M.; GOMES, R. C. (2008). Performance of Geosynthetic Reinforced Alternative Sub-Ballast Material in a Railway Track. *Geosynthetics International*, v. 15, p. 311-321.

FERNANDES, G. ; GOMES, R. C. ; PALMEIRA, E. M. (2002). Utilização de Solos Finos Naturais, Resíduos de Mineração e Materiais Sintéticos em Projetos de Infra-Estrutura de Rodovias e Ferrovias. In: V Congresso de Engenharia Civil, 2002, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora, MG: UFJF, 2002. v. 1. p. 1-10.

FERNANDES, Gilberto ; PALMEIRA, E. M. ; GOMES, R. C. (2007). Comportamento Mecânico de Seções Instrumentadas de Ferrovia em Escala Real de Uso com Geotêxteis e Geogrelhas Intercalados entre Subleito, Sublastro e Lastro. In: 5o. Simpósio Brasileiro de Geossintéticos-Geossintéticos 2007/REGEO, 2007, Recife. Anais. Recife: ABMS/IGS-Brasil. v. 1. p. 1-7.

PIMENTEL, K.C.A. (2007). Estradas Não-pavimentadas e Ferrovias Reforçadas com Geossintéticos. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-042/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 293 p.

### **4.2.2. MODELOS FÍSICOS DE FERROVIAS**

A principal ideia da instalação experimental de um modelo físico em laboratório é ter disponível um aparato de ensaio em escala real para estudar desempenho de novos conceitos e validação dos desenvolvimentos teóricos. Isto possibilita aprimorar o desenvolvimento de projetos e construção de dormentes.

Trabalhos próprios que permeiam o assunto estão relacionados a seguir:

EHRlich, M. ; SILVA, R. C. ; COSTA, D. P. ; LEITE, M. L. (2017). Aterro sobre Depósito de Tálus-Colúvio. In: VII Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Florianópolis. COBRAE 2017 - VII Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas.

FERNANDES, G. (2005). Comportamento de Estruturas de Pavimentos Ferroviários com Utilização de Solos Finos e/ou Resíduos de Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-027A/05, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 253p.

FERNANDES, G. ; PALMEIRA, E. M. ; GOMES, R. C. (2007). Comportamento Mecânico de Seções Instrumentadas de Ferrovia em Escala Real de Uso com Geotêxteis e Geogrelhas Intercalados entre Subleito, Sublastro e Lastro. In: 5o. Simpósio Brasileiro de Geossintéticos-Geossintéticos 2007/REGEO, Recife. Anais. Recife: ABMS/IGS-Brasil, 2007. v. 1. p. 1-7.

MONTE, L. M. (1996). Estudos de mecanismos de deformação e ruptura de aterros reforçados sobre solos de baixa capacidade de carga. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM - 037-A/96, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 124 p.

PIMENTEL, Karla Cristina Araújo ; BATHURST, Richard J ; PALMEIRA, E. M. (2008). Análise Numérica de um Modelo Reduzido de uma Ferrovia Reforçada com Geossintéticos. In: XIV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica-XIV COBRAMSEG,

#### **4.2.3. GEOSINTÉTICOS COMO ELEMENTO DRENANTE DE FERROVIAS**

Em estruturas de terra as funções de drenagem, filtração ou camada resistiva à percolação de líquidos são realizadas, como regra geral, por camadas de solos com diferentes granulometrias e coeficientes de permeabilidade. O sistema de drenagem é de fundamental importância para evitar a deterioração da ferrovia devido à ação da água proveniente da chuva sobre as camadas de lastro e sublastro ou bombeada do subleito para o lastro. Um geocomposto drenante disposto em pontos importantes da estrada de ferro pode atuar na drenagem transversal da seção, prevenindo o acúmulo de água. Para esta aplicação o geocomposto deve apresentar grande capacidade drenante e resistência a danos mecânicos. Se adequadamente especificado e instalado, os geossintéticos podem melhorar o desempenho das ferrovias, aumentando a sua vida útil e reduzindo o número de manutenções periódicas.

As seguintes bibliografias próprias embasam teoricamente o tema:

DA SILVA, C.A. ; PALMEIRA, E.M. (2013). Performance comparison of conventional biplanar and low-cost alternative geocomposites for drainage. *Geosynthetics International*, v. 20, p. 226-237.

PALMEIRA, E. M.; GARDONI, M. G. (2002). Drainage and Filtration Properties of Non-Woven Geotextiles Under Confinement Using Different Experimental Techniques. *Geotextiles and Geomembranes*, Great Britan: Elsevier Publ., v. 20, n.2, p. 97-115.

GARDONI, M. G. ; PALMEIRA, E. M. (2009). Contribuições para o Estudo dos Geossintéticos em Sistemas de Filtração e Drenagem. In: J.C. Carvalho; M.P. Cordão Neto; L.A. Aguiar. (Org.). *Geotecnia UnB - Livro Comemorativo dos 20 Anos do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da UnB*. 1ed.Brasília: Editora FT, v. 1, p. 51-70.

GARDONI, M. G.; ARAÚJO, G. L. ; PALMEIRA, E. M. (2012). Uso de Geossintéticos em Estruturas de Drenagem e Infiltração. In: José Camapum de Carvalho; Gilson de Farias Neves Gitirana Junior; Eufrosina Terezinha Leão Carvalho. (Org.). *Tópicos sobre Infiltração: Teoria e Prática Aplicadas a Solos Tropicais*. 1ed.Brasília: Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da UnB, v. 1, p. 309-329.

NICOLATO, L. (2019). Geotêxtil como elemento de separação em pavimento ferroviário. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-323/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 100 p.

#### **4.3. METODOLOGIA**

Um "modelo" consiste de uma representação simplificada da realidade, de um objeto ou de fenômeno. O modelo pode ser mental, físico, geométrico, matemático, computacional etc. No caso de um pavimento rodoviário ou ferroviário e seus comportamentos, há modelos: i) físicos, que tentam representar a estrutura e suas camadas em escala real ou reduzida, em laboratório ou em campo; (ii) geométricos, que representam as camadas como planos perfeitamente horizontais e um subleito infinito; (iii) matemáticos, que reduzem o comportamento tensão-deformação do material a equações "constitutivas", a evolução de danos (trincas e afundamentos) a equações de desempenho, e também o problema físico para equações de equilíbrio estático ou dinâmico, desprezando outros aspectos menos relevantes; (iv) computacional, que tenta resolver os sistemas de equações matemáticas, resultantes da modelagem anterior, de maneira analítica ou aproximada (com auxílio de métodos numéricos).

A estimativa confiável de vida útil dos pavimentos requer a disponibilidade de modelos consistentes, calibrados e validados para a previsão correta do desempenho futuro dos pavimentos. Desta forma a comparação de resultados dos modelos com dados reais é indispensável para validar sua aplicabilidade, capacidade de representação e limitações. A calibração de modelos permite o ajuste de seus parâmetros dentro de intervalos aceitáveis, fazendo com que o erro entre os resultados do modelo e os medidos sejam minimizados até uma acurácia aceitável.

##### **4.3.1. MODELO PARA DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL**

Os métodos mecanísticos de projeto para pavimentos flexíveis são baseados nas tensões, deformações e deslocamentos que ocorrem no pavimento quando sujeitos ao carregamento do tráfego. Para simplificar o cálculo analítico dessas variáveis, é comum considerar que: (i) as camadas são horizontais; (ii) os materiais são perfeitamente elásticos lineares; e (iii) as camadas estão perfeitamente conectadas ou aderidas entre si, o que permite analisar o pavimento como uma estrutura monolítica. A consideração desta hipótese no modelo matemático/computacional afeta significativamente os valores previstos de tensão e deformação, e consequentemente as espessuras finais adotadas no dimensionamento.

Em campo, para se aproximar dessa condição, é comum a utilização de uma pintura de ligação, cuja eficiência depende de diversos fatores como as propriedades do material asfáltico empregado e sua taxa de aplicação (Raab et al., 2016). Mesmo com o auxílio dessas técnicas, uma conexão adequada nem sempre é alcançada e problemas relacionados à falha de aderência entre as camadas têm sido reportados em diversos estudos (Raab e Partl, 2004 e Sutanto, 2010).

Os danos típicos do pavimento causados por uma fraca ligação entre as camadas asfálticas ocorrem, comumente, em áreas de frenagem e aceleração devido aos esforços horizontais atuantes na estrutura. Contudo, os efeitos da falha de aderência no pavimento também são notados quando se admite, somente, esforços verticais (Romanoschi e Metcalf, 2001).

A hipótese de multi-camadas elásticas, com condição de interface não aderida é adotada no cálculo analítico de tensões e deformações codificados no programa MeDiNa (em exceção quando há camadas asfálticas adjacentes, condição aderida), mais especificamente no módulo AEMC (Análise Elástica de Múltiplas Camadas). As simulações iniciais levam a receios que o dimensionamento com base nestas hipóteses seja conservador, levando as estruturas muito mais reforçadas em relação ao método empírico atual e, consequentemente mais caras. Este é um dos pontos cruciais a ser investigado neste projeto.

As hipóteses anteriores podem ser dispensadas a um custo de não ser possível obter soluções analíticas fechadas, mas as equações podem ser facilmente resolvidas com o auxílio de métodos numéricos. Neste projeto, os estudos de aderência serão modelados computacionalmente com o Método dos Elementos Finitos, por meio do software a ser definido, permitindo estimar o comportamento

mecânico das estruturas sob diferentes condições de aderência entre as camadas asfálticas. Paralelamente serão realizadas modificações no código do programa MeDiNa de modo a permitir condições de aderência variáveis entre todas as camadas da estrutura (de totalmente lisas a totalmente aderidas).

Uma vez calculadas as tensões e deformações, estas variáveis podem ser usadas a posteriori para estimar a evolução de danos que determinam a vida útil do pavimento. Dentre os principais danos encontram-se a propagação de trincas de fadiga (área trincada, A%), as deformações plásticas acumuladas (medida pelo afundamento nas trilhas de roda, R) e as irregularidades longitudinais (medidas pelo índice internacional - IRI). A evolução destes índices (A, R e IRI) com o tráfego (tempo) e condições ambientais é calculada por meios de equações com alguma base mecânica e/ou experimental, mas com a calibração altamente dependente das condições locais. Tais equações são chamadas de funções de desempenho ou funções de transferência. A necessidade de ajustes destas equações é o que torna o método em empírico-mecânico.

Outro aspecto crucial de programa MeDiNa diz respeito à representatividade e confiabilidade das funções de transferência embutidas para a estimação da vida útil dos pavimentos flexíveis. Tais equações foram obtidas em condições muito restritas geograficamente e pouco representativas de toda a diversidade brasileira. Portanto as funções de transferência do programa MeDiNa devem ser reavaliadas e para tanto, deve-se inicialmente expandir a base de dados de estruturas observadas, incluindo-se outros tipos de estruturas em diferentes regiões do país. Para tal, devem ser monitorados novos trechos e adquiridas outras bases de dados de diversas fontes, tais como as concessionárias e empresas, quando possível. Com esta base de dados expandida será possível recalibrar as funções de transferência do programa, incluindo as novas condições de aderência introduzidas.

#### 4.3.2. AVANÇOS PARA UM MODELO PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FERROVIÁRIO

Visando atingir os objetivos propostos neste projeto para análise de pavimentos ferroviários, serão executadas ações como: (1) instrumentação de um trecho experimental para análise da superestrutura ferroviária; (2) implementação de modelo físico em laboratório e (3) realização de estudo de geossintéticos empregados em drenagem e filtração de obras ferroviárias.

Para a primeira ação, tem-se que os ensaios serão realizados nas diferentes camadas do terreno de fundação e nos materiais utilizados para construção da superestrutura ferroviária. Posteriormente será estabelecido o projeto de instrumentação, onde serão instalados instrumentos para avaliação das tensões e deformações da estrutura ferroviária. Serão utilizados os resultados dos ensaios e dos monitoramentos in situ para validação de técnicas numéricas (medições versus predições). Após validação, serão elaboradas as análises paramétricas, considerando diferentes configurações executivas, variações de características e propriedades das camadas e elementos da grade e influência de geossintéticos para variações de carregamento. Com base na compreensão do comportamento da superestruturas e nas experiências adquiridas, serão realizados avanços de pesquisas nos materiais de lastro e sublastro e assim proposição de textos para especificações normativas destes materiais. Também serão analisados métodos de modelagem numérica e modelos estruturais para previsão de comportamento e dimensionamento de pavimentos ferroviários.

Já na segunda ação, será necessária a implementação de um modelo físico em laboratório para simular o comportamento de uma seção de ferrovia. Para atingir o objetivo será considerada a construção do equipamento para simulação e sua respectiva instrumentação. Nesta etapa serão simuladas várias configurações de ensaio, onde será verificado o comportamento de geossintéticos nas funções de reforço e separação. Após a realização dos ensaios, serão utilizados os dados obtidos para execução de análises numéricas por meio de métodos dos elementos finitos (FEM) e discretos (DEM). Será feita uma análise crítica das normas pertinentes ao sistema construtivo e materiais adotados para os modelos físicos.

Finalmente para atingir a terceira fase de estudo de geossintéticos empregados em drenagem de obras ferroviárias, serão utilizadas teses, dissertações e artigos existentes acerca do assunto, assim como outros tipos de informações existentes na literatura. O intuito dessa análise é estabelecer claramente os fatores que afetam a capacidade de drenagem de materiais geossintéticos utilizados em estruturas de pavimentos ferroviários. Também será realizada análise das principais soluções utilizadas no país e no mundo para obras de drenagem em pavimentos ferroviários, tudo isso a partir de referências existentes.

#### 4.3.3. METAS E ATIVIDADES

Para atingir os objetivos as seguintes metas serão desenvolvidas:

| Frente                                  | Rodoviária  | Ferrovária   |
|---|---|--|
| Metas                                   | 0 - Mobilização da equipe, implementação de bolsas e estruturação interna do projeto  |  |
|   | I - Consolidação do Plano de Trabalho   |  |
|   | II - Calibração da função de transferência e avaliação da Análise Elástica de Múltiplas Camadas - AEMC do MeDiNa  | II - Instrumentação de trecho experimental para análise da superestrutura ferroviária  |
|   | III - Protocolo para uso das diversas ferramentas do programa   | III - Implementação de modelo físico em laboratório                                    |
|   | IV - Identificação das propriedades dos solos lateríticos, misturas granulométricas regionais e misturas asfálticas modificadas para complementação do banco de dados | IV - Estudo de geossintéticos empregados em drenagem e filtração de obras ferroviárias |
| V - Realização de cursos de capacitação |   |  |

Entendendo as metas de mobilização da equipe, de implementação de bolsas, de estruturação interna do projeto e de consolidação do plano de trabalho como atividades meramente preparatórias ao início do presente projeto de pesquisa, são descritas a seguir cada uma das metas específicas propostas para atingir os objetivos pactuados nesse Termo de Execução Descentralizada.

#### MODO RODOVIÁRIO

As atividades relativas ao Modo Rodoviário serão realizadas na Universidade de Brasília, na Universidade de São Paulo, na Universidade Federal de Santa Maria e na Universidade de Campina Grande. As diversas atividades terão a supervisão geral do professor Márcio Muniz (UnB, Coordenador geral e pesquisador sênior) e o apoio dos professores Rafael Cerqueira Silva (UnB, pesquisador sênior), Liedi Bernucci (USP, pesquisadora sênior), Lucas Dotto Bueno, Magnos Baroni, Deividi da Silva e Luciano Specht (UFSC, pesquisadores sêniores) e John Kennedy Guedes (UFGC, pesquisador sênior).

## **Meta II: Calibração da função de transferência e avaliação da Análise Elástica de Múltiplas Camadas - AEMC do MeDiNa**

Em 2018, o IPR colocou à disposição do setor rodoviário a versão teste do programa MeDiNa, elaborado pela COPPE, o qual, segundo solicitado no ofício número 44348/2019/IPR/DPP/DNIT SEDE, deverá passar por ajustes na calibração das funções integradas ao software, bem como na contemplação do seu banco de dados relativo aos parâmetros de entrada das características dos materiais.

Serão realizados levantamentos e mapeamentos necessários a fim de avaliar e ampliar o banco de dados que alimenta o software. Os bancos de dados utilizados pela COPPE/UFRJ para o desenvolvimento da função de transferência, serão disponibilizados pelo DNIT para serem analisados no intuito de verificar as etapas de validação e calibração realizadas pela supracitada universidade.

Com objetivo de ampliar o banco de dados e permitir a validação da função de transferência em cenários diversificados, será realizada a avaliação da utilização de informações e materiais presentes no HDM-4 disponibilizados pelo DNIT. O programa HDM-4 foi desenvolvido pelo Banco Mundial para a análise econômica de rede rodoviária para investimentos com restrição orçamentária. O programa traz suas próprias funções de transferência, calibradas a partir de dados de diversos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Com relação aos arquivos referentes à Rede Temática da Petrobras, em que pese a ideia original de se avaliar essas informações, tais arquivos não foram disponibilizados ao DNIT, e em contrapartida também à UnB, razão pelo qual não serão analisados nessa pesquisa.

Além destes, serão avaliados materiais e referências em estudos realizados por universidades públicas e concessionárias de rodovias do país que possam contribuir e integrar o banco de dados do programa MeDiNa. Neste mesmo sentido, também serão escolhidos corredores logísticos, já mapeados no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária, para inclusão no banco de dados. Serão realizados ensaios de campo para caracterização dos trechos selecionados (seção transversal, materiais, módulos).

Com a revisão, atualização e inserção do banco de dados no programa MeDiNa, espera-se alcançar o aprimoramento da calibração das funções de transferência e desta forma a obtenção da consolidação do novo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis.

O banco de dados usado para a calibração do MeDiNa foi estruturado a partir de dados de campo que consideram o cálculo da área trincada conforme o método DNIT 433/2021 - PRO, enquanto a prática nacional adota como índices de controle de qualidade, a área trincada levantada conforme a normativa DNIT 007/2003 - PRO. Neste sentido, os trechos monitorados serão analisados quanto ao trincamento pelas duas metodologias e será avaliado o efeito da temperatura na previsão do trincamento.

## **Meta III: Protocolo para uso das diversas ferramentas do programa**

Esta meta se refere à análise e aprimoramento do software que incluem a codificação de diferentes condições de adesão entre as camadas e a inclusão das novas funções de transferência e bancos de dados relativos à meta anterior.

O módulo AEMC (Análise Elástica de Múltiplas Camadas) permite o cálculo das tensões e deformações atuantes nas camadas das estruturas de pavimentos, assim como outros programas disponíveis e consolidados no mercado para o dimensionamento de pavimentos rodoviários. No programa MeDiNa é considerada a aderência somente entre as camadas asfálticas, conforme consta nas páginas 28 e 29 do "Guia para utilização do método Mecanístico-Empírico"; nas demais camadas é considerada a condição "não aderida", em que os resultados dos pontos de interesse para a análise mecanística da estrutura apresentam a condição mais crítica. A condição de interface entre as camadas de um pavimento asfáltico afeta significativamente as respostas estruturais e devem, portanto, ser adequadamente consideradas nos métodos mecanísticos de dimensionamento de pavimentos, ou seja, de acordo com as condições que efetivamente ocorrerão nos pavimentos em serviço.

Assim, visando o ajuste e aprimoramento desta ferramenta de interface entre as camadas, o código fonte do programa MeDiNa, fornecido pelo DNIT, será verificado a fim de identificar como ocorre a rotina de cálculo operacionalizada.

Com o propósito de validar os resultados apresentados pelo MeDiNa, estes serão confrontados contra resultados obtidos com outro programa de análise de tensão-deformação, a ser definido. Além disso, será realizada a verificação do tempo de vida útil do pavimento (modelos de predição) com base em diferentes parâmetros de projeto (fadiga e deformação permanente), em relação aos modelos existentes em diferentes programas tais como, MEPDG e MOVE 3D, por exemplo.

Serão realizados os estudos de interface das camadas, modelados com elementos finitos (Método dos Elementos Finitos - MEF), por meio de software a ser definido, permitindo estimar o comportamento mecânico das estruturas sob diferentes condições de aderência: aderidas, não-aderidas e semi-aderidas. Busca-se desta forma o aprimoramento, acurácia e melhoria da ferramenta do programa MeDiNa que determina a priori a relação de interface entre as camadas do pavimento.

## **Meta IV: Identificação das propriedades dos solos lateríticos, misturas granulométricas regionais e misturas asfálticas modificadas para complementação do Banco de Dados**

Há uma relação direta entre os materiais utilizados e a durabilidade das estruturas de pavimento. A qualidade dos materiais utilizados está, muitas vezes, ligada aos custos e às limitações ambientais que são impostas, em outras vezes, é condicionada à falta de materiais apropriados na região. Diferentes materiais são utilizados em cada camada de um pavimento flexível, como por exemplo: solos naturais ou melhorados no subleito, cascalhos lateríticos em sub-bases e bases, brita graduada natural ou tratada com cimentos

nas bases, e diferentes tipos de concretos asfálticos na camada de revestimento.

É crescente no Brasil a realização de estudos que remetem à aplicação de diferentes tipos de granulometrias para as misturas asfálticas (misturas descontínuas, misturas abertas, misturas com o uso de grandes agregados), assim como o uso modificantes de ligantes asfálticos como polímeros, incluindo a borracha reciclada de pneu.

Desta forma para complementar o banco de dados presente no MeDiNa é necessário realizar a identificação das propriedades dos materiais que compõem as diferentes camadas dos pavimentos asfálticos que alimentam o programa.

Com vistas a ampliar as informações disponíveis no programa a respeito dos parâmetros, será realizado o levantamento e mapeamento de propriedades físicas e mecânicas dos materiais que compõem as diversas camadas dos pavimentos asfálticos em diferentes regiões brasileiras com base em dados bibliográficos e ensaios de caracterização e comportamento mecânico dos materiais da região Centro-Oeste. Este banco de dados de propriedades complementarará o banco de dados do MeDiNa.

Devido à necessidade de melhoria dos modelos matemáticos necessários para o uso do MeDiNa, nas diferentes camadas do pavimento, é fundamental que diversos ensaios em laboratório sejam realizados em paralelo ao processo de calibração realizado a partir de seções-teste em campo. Esta investigação, além da utilização do MeDiNa em projetos de pavimentos novos, demanda uma expressiva quantidade de ensaios que necessitarão de equipamentos específicos e acompanhamento da equipe técnica.

Utilizando-se o banco de dados dos materiais catalogados, será realizado um projeto de construção de pista experimental (dimensionamento e execução). Haverá definição de equipe para monitoramento, montagem, aquisição e controle dos ensaios de campo com simulador de tráfego em pista experimental, a ser construída na região de Brasília-DF, com supervisão da equipe da UnB.

A pista experimental poderá ser instrumentada e submetida a ensaios de campo, permitindo assim a etapa de calibração das funções de transferência com base em resultados medidos

#### **Meta V: Realização de cursos de capacitação**

Serão ofertados cursos de capacitação aos técnicos do DNIT, no uso das dependências do Infralab e do próprio DNIT, em sua Sede e nas Superintendências Regionais, com relação à teoria que envolve os pavimentos e a mecânica dos pavimentos, a implementação e monitoramento de trechos experimentais e o manuseamento de equipamentos de laboratório adquiridos, interpretação de ensaios realizados e aplicação dos resultados no dimensionamento de pavimentos com o uso do MeDiNa e outros softwares.

#### **MODO FERROVIÁRIO**

As atividades relativas ao Modo Ferroviário serão realizadas na Universidade de Brasília, tendo a supervisão geral do professor Ennio Palmeira (Consultor e pesquisador sênior) no que concerne à utilização de materiais geossintéticos, tanto para as funções de reforço e separação, quanto para drenagem, o apoio do professor Rafael Cerqueira Silva (UnB, pesquisador sênior) no que concerne a aspectos de instrumentação de campo e de laboratório, e do professor Márcio Muniz (UnB, Coordenador geral e pesquisador sênior) no que se refere aos aspectos analíticos e numéricos.

#### **Meta II: Instrumentação de trecho experimental para análise da superestrutura ferroviária**

Investigações de campo e laboratoriais, associadas ao uso de instrumentação geotécnica, permitem compreender e prever o comportamento de aterros ferroviários. A instrumentação fornece dados que permitem a verificação de critérios e parâmetros adotados em projeto, indicando o desempenho da obra. Adicionalmente, o monitoramento contínuo possibilita o acompanhamento da segurança da obra, durante ou mesmo após a construção, permitindo tomadas de decisão e a realização de medidas corretivas, caso necessárias.

Nesta fase será avaliado o comportamento da superestrutura e infraestrutura ferroviária, por meio de análises de resultados de ensaios de campo e laboratoriais e de monitorações de instrumentação. Ela será instalada no lastro, dormentes, trilhos e demais acessórios. O objetivo inicial dessa fase consiste na instrumentação de três seções típicas de superestrutura ferroviária, a primeira sendo uma seção de referência e as outras duas construídas com a utilização de geossintéticos como elemento de reforço. Uma seção será reforçada com geocélula e a outra com geogrelha, para conseguir determinar qual tipo de reforço apresenta um melhor comportamento em termos de melhor desempenho da estrutura ferroviária. Os trabalhos da equipe de pesquisa consistirão na realização de parte dos ensaios, do projeto de instrumentação, do programa de monitoração, do acompanhamento das atividades de campo e das análises subsequentes. Os serviços de implantação da instrumentação e sistemas de aquisição de dados, monitoração, execução dos ensaios de campo e parte dos ensaios laboratoriais serão realizados por uma empresa de engenharia geotécnica.

#### **Meta III: Implementação de modelo físico em laboratório**

Com o intuito de investigar o desempenho de pavimentos ferroviários construídos sobre solos reforçados com geossintéticos e com diferentes materiais de lastro e sublastro, será implementado um modelo físico em laboratório. Os ensaios serão realizados em condições que permitam simular as condições físicas e os níveis de tensão a que estes materiais estarão sujeitos nas camadas de pavimento ferroviário, quando submetidos a cargas em movimento. Estes ensaios consistem na aplicação de um grande número de ciclos de carga a corpos de prova de materiais granulares, como o lastro, simulando os níveis de tensão a que as camadas de pavimento estarão sujeitas, e medindo as deformações axiais induzidas nas amostras. Desta forma o procedimento adotado será utilizado para determinar as deformações permanentes, para um determinado material, sujeito a um nível de tensão específico, ou para definir parâmetros de modelos de prognóstico de deformações, que podem ser utilizados na análise e no projeto do pavimento ferroviário, que funciona como um conjunto formado pelos trilhos, dormentes, lastro, sublastro e subleito.

O equipamento para a simulação do modelo compreenderá uma estrutura metálica, composta por uma caixa, um atuador de carga cíclica apoiado num marco rígido e um sistema de instrumentação e aquisição de dados. A carga aplicada será transmitida ao lastro através de um sistema de trilho acoplado a um dormente mediante uma fixação específica. Para o sucesso desta meta, será necessário inicialmente fazer a caracterização de diferentes tipos de materiais de lastro por meio de ensaios laboratoriais, realizados por terceiros e pela equipe de projeto, visando analisar as características físicas e mecânicas dos materiais estudados. Posteriormente será implementado o modelo físico em laboratório, sendo necessária a aquisição de atuador dinâmico para aplicação de carga cíclica em estruturas de pavimentos ferroviários. É necessário também a aquisição da instrumentação que será usada nos modelos, como por exemplo, medidores de deslocamento linear, célula de carga, células de tensões, piezômetros e extensômetros. Logo em seguida, com tudo pronto com relação ao equipamento para simulação de carregamento cíclico, serão realizadas as montagens de modelos físicos com diferentes configurações para simulação de estruturas ferroviárias sob condições de serviço. Nestas simulações serão representadas configurações de ensaios, nas quais será avaliado o uso de geotêxtil como elemento de separação entre as camadas do pavimento ferroviário. Também serão executados testes para avaliação da utilização de geogrelha e geotêxtil como elementos de reforço no pavimento ferroviário. Posteriormente serão analisados os comportamentos obtidos nos modelos físicos representados, mediante o uso de métodos numéricos contínuos (MEF) e métodos numéricos discretos (DEM). Finalmente, considerando os resultados obtidos nas etapas anteriores, serão realizadas análises críticas das normas pertinentes ao sistema construtivo e materiais adotados para os modelos físicos.

#### **Meta IV: Estudo de geossintéticos empregados em drenagem e filtração de obras ferroviárias**

Os geossintéticos podem desempenhar as seguintes funções em novas ferrovias ou na reabilitação de ferrovias existentes: separação de materiais com diferentes granulometrias, filtração, drenagem e reforço do solo. Em obras ferroviárias, os geossintéticos podem ser aplicados dentro ou abaixo da camada de lastro e/ou sublastro. Uma das aplicações mais estudadas é a função de drenagem, sendo o geossintético um elemento fundamental na construção de sistemas de drenagem.

O sistema de drenagem é de fundamental importância para evitar a deterioração da ferrovia devido à ação da água proveniente da chuva sobre as camadas de lastro e sublastro ou bombeada do subleito para o lastro. Tem-se, por exemplo, que um geocomposto drenante, disposto em pontos importantes da estrada de ferro, pode atuar na drenagem transversal da seção, prevenindo o acúmulo de água. Para esta aplicação, o geocomposto deve apresentar grande capacidade drenante e resistência a danos mecânicos. Se adequadamente especificado e instalado, os geossintéticos podem melhorar o desempenho das ferrovias, aumentando a sua vida útil e reduzindo o número de manutenções periódicas. Levando em consideração a grande importância da utilização de geossintéticos como elementos de drenagem em ferrovias, e ao mesmo tempo ponderando a grande quantidade de trabalhos existentes no país e o mundo acerca deste tema, será feita uma análise detalhada de alguns fatores de atuação dos geossintéticos em drenagem. Em primeiro lugar será realizada uma análise de dados existentes sobre os principais fatores que afetam a capacidade de drenagem de materiais sintéticos (nível de tensão e impregnação, bem como mecanismos de colmatção). Finalmente será executada uma avaliação crítica das soluções utilizadas no país e no mundo para obras de drenagem em pavimentos ferroviários.

#### **Meta V: Realização de cursos de capacitação**

Serão ofertados cursos de capacitação aos técnicos do DNIT, no uso das dependências do Infralabe do próprio DNIT, com relação aos conceitos gerais e à mecânica dos pavimentos ferroviários, as normativas existentes, as funções e aplicações dos diferentes geossintéticos em obras ferroviárias e a instrumentação e monitoramento de trechos ferroviários experimentais.

### **5. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO PARA CELEBRAÇÃO DO TED**

Este projeto de pesquisa é uma resposta à demanda feita pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, encaminhada à Universidade de Brasília via ofício número 44348/2019/IPR/DPP/DNIT SEDE. Nessa demanda, o DNIT solicitou apoio para o aprimoramento do programa de dimensionamento de pavimento rodoviário (flexível), bem como estudos com a utilização de geossintéticos para pavimentos ferroviários e aplicações na drenagem subsuperficial.

A oportunidade de participar do aprimoramento metodológico do programa de dimensionamento, mais especificamente o MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional) e de diversos estudos complementares, reforça o desenvolvimento das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas no âmbito da linha de investigação do InfraLab – Laboratório de Infraestrutura, capitaneada pelo proponente e ativa há mais de 20 anos.

O desafio de pesquisa que traz relevância para a linha de investigação é o desenvolvimento de arcabouço teórico e metodológico com vistas ao aprimoramento do método de dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis, assim como contribuir para construção do conhecimento para desenvolver futuros métodos de dimensionamento de pavimento ferroviário.

Este projeto caracteriza-se de fundamental importância para o cenário de desenvolvimento e melhorias de desempenho, qualidade e segurança das obras de infraestrutura viária do país. Arelado as estas melhorias, espera-se que o aprimoramento dos métodos de dimensionamento das estruturas de pavimentos rodoviários e ferroviários represente economia no que concerne às atividades de intervenção e manutenção destas à longo prazo.

Para a UnB e a Faculdade de Tecnologia/FT, por meio do Infralab-FT/UnB, integrando parceria com DNIT e envolvimento de professores e alunos de pós-graduação da UnB, a execução deste projeto de pesquisa possibilitará a capacitação de recursos humanos com ampla divulgação acadêmica e científica acerca das áreas vinculadas ao objeto.

Impactos:

- Atualização das metodologias de dimensionamento de pavimentos flexíveis rodoviários;
- Avanços em metodologias de dimensionamento de pavimentos ferroviários;
- Aumento da vida útil da infraestrutura rodoviária e ferroviária no Brasil;
- Artigos em congresso nacional/internacional;
- Artigos em periódicos qualificados (B1 ou superior) da área. Alternativamente, a produção pode ser organizada na forma de livro;
- Dissertações de mestrado;

- Teses de doutorado;
- Estreita parceria com a graduação do curso de Engenharia Civil e o Programa de Pós-Graduação em Geotecnia;
- Workshops e Seminários com vistas ao setor de infraestrutura;
- Melhorias das competências do Infralab por meio de investimento em sua infraestrutura;
- Envolvimento de outras instituições de ensino superior;
- Promoção de eventos científicos com temas relacionados ao projeto;
- Estabelecimento de parcerias entre docentes e discentes;
- Aproximação da Universidade com o setor público.

## 6. SUBDESCENTRALIZAÇÃO

A Unidade Descentralizadora autoriza a subdescentralização para outro órgão ou entidade da administração pública federal?

- ( ) Sim  
( X ) Não

## 7. FORMAS POSSÍVEIS DE EXECUÇÃO DOS CRÉDITOS ORÇAMENTÁRIOS

A forma de execução dos créditos orçamentários descentralizados poderá ser:

- ( ) Direta, por meio da utilização capacidade organizacional da Unidade Descentralizada.  
( ) Contratação de particulares, observadas as normas para contratos da administração pública.  
( X ) Descentralizada, por meio da celebração de convênios, acordos, ajustes ou outros instrumentos congêneres, com entes federativos, entidades privadas sem fins lucrativos, organismos internacionais ou fundações de apoio regidas pela Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994.

## 8. CUSTOS INDIRETOS (ART. 8, §2º)

A Unidade Descentralizadora autoriza a realização de despesas com custos operacionais necessários à consecução do objeto do TED?

- ( X ) Sim  
( ) Não

O pagamento será destinado aos seguintes custos indiretos, até o limite de 20% do valor global pactuado:

Custo Indireto segundo Resolução CAD nº 045/2014 (UnB) - R\$ 596.497,55

Despesas Administrativas e Financeiras - R\$ 1.760.730,48

Custo Indireto Total - R\$ 2.357.228,03

1. Limpeza e conservação.
2. Apoio administrativo, técnico e operacional.
3. Serviços de energia elétrica.
4. Vigilância ostensiva.
5. Serviços de água e esgoto.
6. Manutenção e conservação de bens imóveis.
7. Infraestrutura de TIC.

## 9. CRONOGRAMA FÍSICO

O cronograma físico de execução, bem como os **Produtos** a serem entregues encontram-se detalhados abaixo, para cada uma das **Metas do Modo Rodoviário**, que constam no item 4.3.3.

| Metas | Atividades | Produtos | Unidade de Medida | Quantid. | Período de Entrega |           |
|-------|------------|----------|-------------------|----------|--------------------|-----------|
|       |            |          |                   |          | Início (Mês)       | Fim (Mês) |
|       |            |          |                   |          |                    |           |

|  |  |  |                       |        |        |        |
|--|--|--|-----------------------|--------|--------|--------|
| II. Calibração da função de transferência Análise Elástica de Múltiplas Camadas - AEMC   | II.1 Análise da qualidade do banco de dados da função de transferência desenvolvida pela COPPE/UFRJ (dados não disponibilizados pelo DNIT)   | Estudo comparativo da aplicação das metodologias adotadas para determinação da porcentagem de área trincada (Normas DNIT 007/2003-PRO e DNIT 433/2021-PRO)             | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/23 | jun/24 |
|  | II.2 Estudo da viabilidade da utilização do banco de dados do DNIT criado para o HDM para a calibração da função de transferência  | Monitoramento da porcentagem de área trincada de alguns trechos ao longo do tempo  | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/23 | abr/25 |
|  | II.3 Identificação dos bancos de dados existentes nos órgãos públicos, universidades brasileiras e concessionárias de rodovias   | Influência da temperatura na variação do módulo de resiliência do revestimento asfáltico e na porcentagem de área trincada   | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/23 | abr/25 |
|  | II.4 Escolha de corredores logísticos já mapeados no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária para inclusão no banco de dados. Caso necessário, realização de ensaios de campo para caracterização dos trechos selecionados (seção transversal, materiais, módulos) | Uso dos dados do HDM4 para aprimoramento da função de transferência do MeDiNa  | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/21 | nov/23 |
|  |  | Análise comparativa dos dados de campo obtidos com a aplicação do Simulador de Tráfego na Rodovia BR-116/RS  | Relatório de Pesquisa | 1      | jun/22 | nov/23 |
|  | II.5 Criação de um banco de dados integrando os diversos bancos analisados   | Software MeDiNa recalibrado com a inclusão dos novos pontos obtidos nos segmentos experimentais  | Software              | 1      | jan/25 | mai/25 |
| II.6 Validação do banco de dados implementado no MeDiNa com análises e estudos de sensibilidade dos parâmetros dos modelos de fadiga e deformação permanente, verificação estatística e aderência das funções de transferência | Roteiro de instruções para calibração da função de transferência do MeDiNa com a inclusão de novos pontos  | Minuta de Manual   | 1                     | jul/24 | jan/25 |        |
| III. Protocolo para uso das diversas ferramentas do programa   | III.1 Identificação e verificação do código fonte do programa MeDiNa   | Validação do programa MeDiNa por meio da comparação com programas analíticos utilizados no projeto de pavimentos asfálticos  | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/23 | mai/25 |
|  | III.2 Validação do MeDiNa contra outros programas de análise de tensão x deformação  | Validação do programa MeDiNa por meio da comparação com programas numéricos utilizados no projeto de pavimentos asfálticos   | Relatório de Pesquisa | 1      | jul/23 | mai/25 |
|  | III.3 Verificação do tempo de vida útil do pavimento (modelos de predição) com base em diferentes parâmetros de projeto (fadiga e deformação permanente) em relação aos modelos existentes em diferentes programas MEPDG e MOVE 3D                                 | Nova versão do software MeDiNa com a possibilidade de atribuir valores intermediários de aderência entre a camada asfáltica e a base (código fonte e código compilado) | Software              | 1      | jan/23 | mai/25 |
|  | III.4 Realização de dimensionamento das camadas do pavimento utilizando-se o Método dos Elementos Finitos (MEF) em software a ser determinado com diferentes condições entre as camadas: • Aderidas; • Não-aderidas; • Semi-aderidas                               | Avaliação das condições de interface entre as camadas do pavimento (aderência  | Relatório de          | 1      | jul/23 | dez/24 |

|  |   |  |                       |   |        |        |
|--|---|--|-----------------------|---|--------|--------|
|  | III.5 Aprimoramento e melhoria da ferramenta do programa MeDiNa que pré determina a relação de interface entre as camadas do pavimento.   | completa, parcial ou nula) e indicação das mudanças realizadas no programa MeDiNa  | Pesquisa              |   |        |        |
| IV. Identificação das propriedades dos solos lateríticos, misturas granulométricas regionais e misturas asfálticas modificadas para complementação do Banco de Dados | IV.1 Identificação das propriedades dos materiais que compõem as diferentes camadas dos pavimentos asfálticos e alimentação destes dados no MeDiNa  | Propriedades de diferentes materiais para fins de complemento ao banco de dados do MeDiNa (Produto comum às duas frentes do projeto)   | Banco de Dados        | 1 | jul/23 | jan/25 |
|  | IV.2 Elaborar um manual de ensaios necessários para obtenção dos parâmetros de entrada do software MeDiNa. (Obtenção de parâmetros de forma direta, indireta por correlações ou retroanálise)                 | Resultados dos ensaios de laboratório de caracterização dos materiais dos trechos do PRO-MeDiNa para formação do banco de dados  | Relatório de Pesquisa | 3 | jul/23 | dez/24 |
|  | IV.3 Levantamento e mapeamento de propriedades físicas e mecânicas dos materiais que compõem as diversas camadas dos pavimentos asfálticos em diferentes regiões brasileiras com base em dados bibliográficos | Roteiro de ensaios necessários para obtenção dos parâmetros de entrada do software MeDiNa (obtenção de parâmetros de forma direta, indireta por correlações ou retroanálise) | Minuta de Manual      | 1 | jul/23 | fev/24 |
|  | IV.4 Ensaios de caracterização e comportamento mecânico dos materiais da região centro-este com vistas a gerar parâmetros para dimensionamento empírico-mecânico  | Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais e dimensionamento da pista experimental construída na Unidade Local do DNIT de Brasília                               | Relatório de Pesquisa | 1 | mai/23 | dez/23 |
|  | IV.5 Projeto de construção de pista experimental com utilização dos materiais catalogados da região Centro-Oeste (dimensionamento)  | Resultados do monitoramento da pista experimental construída na Unidade Local do DNIT de Brasília  | Relatório de Pesquisa | 1 | jan/24 | mai/25 |
|  | IV.6 Calibração das funções de transferência com base nos dados das pistas experimentais  | Roteiro para implantação, instrumentação e monitoramento de segmentos experimentais rodoviários do PRO-MeDiNa  | Minuta de Manual      | 1 | jan/24 | dez/24 |
|  |   | Implementação e Monitoramento de Trechos Experimentais do Pro-MeDiNa - presencial (20 horas-aula) - Processo SEI 50600.006214/2023-01  | Curso                 | 1 | mar/23 | mar/23 |
|  |   | Implementação e Monitoramento de Trechos Experimentais do Pro-MeDiNa - presencial (20 horas-aula)  | Curso                 | 1 | 2024   | 2024   |
|  |   | Introdução à Pavimentação - assíncrono (4 horas-aula) - SEI 13048075   | Curso                 | 1 | 2024   | 2024   |

|  |   |       |   |      |      |
|--|---|-------|---|------|------|
| Cursos de capacitação V. Cursos de capacitação para o corpo técnico do DNIT e externos | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Campo Grande - MS | Curso | 1 | 2023 | 2023 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Maceió - AL       | Curso | 1 | 2024 | 2024 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Vitória - ES      | Curso | 1 | 2024 | 2024 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Palmas - TO       | Curso | 1 | 2023 | 2023 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - São Luís - MA     | Curso | 1 | 2024 | 2024 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Curitiba - PR     | Curso | 1 | 2024 | 2024 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Manaus - AM       | Curso | 1 | 2025 | 2025 |
|  | Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa (Histórico, conceitos, potencialidades e aplicações) - presencial (20 horas-aula) - Natal - RN        | Curso | 1 | 2025 | 2025 |

O cronograma físico de execução, bem como os produtos a serem entregues encontram-se detalhados abaixo, para cada uma das Metas do modo **ferroviário**, que constam no item 4.3.3.

| Metas | Atividades | Produtos | Unidade de Medida | Quantid. | Período de Entrega |           |
|-------|------------|----------|-------------------|----------|--------------------|-----------|
|       |            |          |                   |          | Início (Mês)       | Fim (Mês) |
|       |            |          |                   |          |                    |           |

|   |   |  |                       |   |                  |                  |
|---|---|--|-----------------------|---|------------------|------------------|
| II. Instrumentação de trecho experimental para análise da superestrutura e infraestrutura ferroviária | II.1 Elaboração de projeto de instrumentação e do programa de monitoramento da superestrutura da ferrovia   | Roteiro para implantação, instrumentação e monitoramento de segmentos experimentais em pavimentos ferroviários   | Minuta de Manual      | 1 | jan/24           | jun/24           |
|   | II.2 Execução de ensaios de campo e laboratoriais por terceiros   |  |                       |   |                  |                  |
|   | II.3 Execução de ensaios de campo e laboratoriais pela equipe do projeto  | Apresentação dos resultados dos ensaios de caracterização em laboratório dos materiais utilizados nos segmentos experimentais em pavimentos ferroviários | Relatório de Pesquisa | 2 | mai/23<br>ago/23 | jun/24<br>mar/25 |
|   | II.4 Instalação da instrumentação da superestrutura   | Avaliação dos resultados do monitoramento dos segmentos experimentais em pavimentos ferroviários   | Relatório de Pesquisa | 2 | ago/23<br>set/23 | dez/23<br>mar/25 |
|   | II.5 Monitoramento da superestrutura  |  |                       |   |                  |                  |
|   | II.6 Análises analíticas e numéricas  |  |                       |   |                  |                  |
|   | II.7 Análises críticas das normas pertinentes ao sistema construtivo e materiais adotados para o trecho experimental  | Análise crítica das normas técnicas pertinentes ao sistema construtivo e materiais adotados para o trecho experimental                                   | Relatório de Pesquisa | 1 | jul/24           | abr/25           |
|   | II.8 Proposição de métodos de modelagem numérica e modelos estruturais para previsão de comportamento e dimensionamento de pavimentos ferroviários  | Proposição de métodos de modelagem numérica e modelos estruturais para previsão de comportamento e dimensionamento de pavimentos ferroviários            | Relatório de Pesquisa | 1 | jul/24           | abr/25           |
| III. Implementação de modelo físico em laboratório  | III.1 Caracterização de diferentes tipos de materiais de lastro   | Apresentação dos resultados dos ensaios de caracterização em laboratório dos materiais utilizados no modelo físico                                       | Relatório de Pesquisa | 1 | ago/23           | dez/23           |
|   | III.2 Execução de ensaios laboratoriais por terceiros   |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.3 Execução de ensaios laboratoriais pela equipe do projeto  |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.4 Implementação de modelo físico em laboratório   |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.5 Aquisição de atuador dinâmico para aplicação de carga cíclica em estruturas de pavimentos ferroviários  |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.6 Aquisição de instrumentação (medidores de deslocamento linear, célula de carga, células de tensões, piezômetros e extensômetros)  |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.7 Montagens de modelos físicos com diferentes configurações para simulação de estruturas ferroviárias sob condições de serviço  | Análise do comportamento do modelo físico através de métodos numéricos contínuos (MEF) e numéricos discretos (DEM)                                       | Relatório de Pesquisa | 1 | jul/23           | abr/25           |
|   | III.8 Execução de modelagens físicas onde será avaliado a utilização de geotêxtil como elemento de separação entre as camadas do pavimento ferroviário  | Apresentação dos resultados dos ensaios realizados na caixa (modelo físico)  | Relatório de Pesquisa | 1 | jul/23           | abr/25           |
|   | III.9 Execução de modelagens físicas onde será avaliado a utilização de geogrelha e geotêxtil como elementos de reforço no pavimento ferroviário  |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.10 Análise do comportamento do modelo físico  |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.11 Análise do comportamento do modelo físico através de métodos numéricos discretos (DEM) e contínuos (MEF)   |  |                       |   |                  |                  |
|   | III.12 Análise crítica das normas pertinentes ao sistema construtivo e materiais adotados para os modelos físicos   | Roteiro de procedimentos para implementação, execução e análise de resultados de ensaios de caixa  | Minuta de Manual      | 1 | jul/23           | dez/24           |
| IV. Estudo de geossintéticos empregados em drenagem e filtração de obras ferroviárias                 | IV.1 Análise de dados existentes sobre os principais fatores que afetam a capacidade de drenagem e filtração de materiais sintéticos (nível de tensão e impregnação, bem como mecanismos de colmatação) | Análise dos principais fatores que afetam a capacidade de drenagem e filtração de materiais sintéticos utilizados em obras ferroviárias                  | Relatório de Pesquisa | 1 | jan/23           | abr/25           |
|   | IV.2 Avaliação crítica das soluções utilizadas no país e no mundo para obras de drenagem em pavimentos ferroviários   | Análise crítica dos principais documentos técnicos de geossintéticos elaborados pelo DNIT  | Relatório de Pesquisa | 1 | jan/23           | abr/25           |
| V.1 Cursos de capacitação para o  |   | Conceitos Gerais sobre Projetos e Obras Ferroviárias - remoto assíncrono (1 hora) - SEI 12453268   | Curso                 | 1 | 2023             | 2023             |
|   |   | Normas sobre Projetos e Obras Ferroviárias - remoto assíncrono (1 hora) - SEI 12453269   | Curso (vídeo)         | 1 | 2024             | 2024             |
|   |   |  |                       |   |                  |                  |

|                          |                                  |  |               |   |        |        |
|--------------------------|----------------------------------|--|---------------|---|--------|--------|
| V. Cursos de capacitação | corpo técnico do DNIT e externos | Instrumentação e Monitoramento de Obras Ferroviárias - presencial (4 horas-aula) - SEI 12453268      | Curso (vídeo) | 1 | 2024   | 2025   |
|                          |                                  | Mecânica dos Pavimentos Ferroviários - presencial (4 horas-aula) - Processo SEI 50600.024028/2023-46 | Curso         | 1 | jun/23 | jun/23 |
|                          |                                  | Geossintéticos em Obras Ferroviárias - presencial (8 horas-aula) - Processo SEI 50600.009360/2023-81 | Curso         | 1 | mai/23 | mai/23 |

## 10. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

| Item | Data de Desembolso                | Valor (R\$)  |
|------|-----------------------------------|--------------|
| 1    | 6 meses após a assinatura do TED  | 5.996.292,37 |
| 2    | 8 meses após a assinatura do TED  | 4.462.996,00 |
| 3    | 26 meses após a assinatura do TED | 2.518.218,68 |

## 11. PLANO DE APLICAÇÃO CONSOLIDADO - PAD

| CÓDIGO DA NATUREZA DA DESPESA                              | CUSTO INDIRETO | VALOR PREVISTO   |
|--|----------------|------------------|
| 33.90.39 Serviço de Terceiro - Pessoa Jurídica             | <i>não</i>     | R\$ 8.492.203,49 |
| 44.90.39 - Equipamento e Material Permanente               | <i>não</i>     | R\$ 4.485.303,61 |
| Custos indiretos segundo a Resolução CAD nº 045/2014 (UnB) | <i>sim</i>     | R\$ 596.497,55   |

## ANEXO 1 EQUIPE EXECUTORA (PRINCIPAIS MEMBROS)

A seguir são apresentados os currículos resumidos dos principais pesquisadores envolvidos neste projeto:

**MÁRCIO MUNIZ DE FARIAS** (Proponente): Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (1983), mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1986), doutorado na University of Wales at Swansea, UK (1993), pós-doutorado no Nagoya Institute of Technology-NIT, Japão (1998) e Especialidade em Projeto Rodoviário pela JICA, Japão (2000). É professor da Universidade de Brasília desde 1986, pesquisador nível PQ-1A do CNPq, membro do comitê editorial científico da revista nacional Pavimentação (ABPv-Brasil) e das internacionais Road Materials and Pavement Design-RMPD (Elsevier) e Underground Space (Taylor & Francis), foi membro dos comitês da revista binacional Geotecnia (Brasil/Portugal) até 2013 e da Soils and Foundations (Japanese Geotechnical Society) entre 2013 e 2015. Tem experiência nas áreas Geotecnia e Pavimentação, com ênfase em Métodos Numéricos, atuando principalmente nos seguintes temas: pavimentação, análise numérica e modelos constitutivos. Orientou 28 teses de doutorado, 41 dissertações de mestrado e vários trabalhos projetos de iniciação científica e de graduação. Publicou mais de 300 trabalhos científicos. Recebeu oito prêmios científicos e proferiu várias palestras e keynote lectures em eventos internacionais. Coordena diversos projetos com financiamento institucional da CAPES, CNPq e FAPDF. Tem atuador como consultor das agências nacionais de fomento à pesquisa, é membro do Conselho Superior da FAPDF e foi membro do Comitê Assessor de Engenharias do CNPq e do Comitê de Avaliação de Pós-graduação em Engenharias I da CAPES. Atualmente é Professor Titular e Diretor da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.

**ENNIO MARQUES PALMEIRA** (UnB, pesquisador e consultor sênior): Engenheiro civil pela UFRJ, mestre pela COPPE, doutor pela University of Oxford (1987), com estágio de pós doutorado na University of British Columbia. É Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências e Professor Titular da Universidade de Brasília. Foi admitido na Ordem Nacional do Mérito Científico, na classe Comendador, pela Presidência da República do Brasil em 21/08/2008. Foi Coordenador de Engenharias I da CAPES e Coordenador do Comitê Assessor de Engenharia Civil do CNPq. Foi Editor da Revista Soils and Rocks da ABMS/ABGE/SPG (2004-2011), É Associate Editor do Canadian Geotechnical Journal e do Journal Geotextiles and Geomembranes e membro dos Corpos Editoriais dos periódicos Geosynthetics International, Geotextiles and Geomembranes, Environmental Geotechnics, Soils and Rocks e International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. Tem servido como consultor de diversos órgãos de fomento no país, do Australian Research Council-National Board of Employment Education and Training, do Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, do Chilean National Science and Technology Commission-FONDECYT e do Programa ALBAN da Comunidade Européia. É Membro Honorário da International Geosynthetics Society (IGS), tendo sido membro do Conselho da IGS e presidente de dois comitês dessa associação (Educação e América do Sul). Foi Mercer Lecturer 2007-2008 (IGS/ISSMGE). É também membro da ABMS, da Comissão de Normas da ABNT e do European Committee on Standardization. Proferiu diversas palestras e cursos no país e no exterior. Tem atuado como revisor de trabalhos para a Geotechnique, Canadian Geotechnical Journal, International Journal on Pavement Engineering, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering-ASCE, Journal of Environmental Engineering-ASCE, International Journal of Geomechanics-ASCE, Journal Geomechanics and Engineering, Geotechnical Testing Journal-ASTM, Soil Dynamics and Earthquakes, Soils and Foundations e Journal Geomechanics and Geoenvironmental Engineering, entre outros. Publicou mais de 350 trabalhos científicos. Orientou 53 dissertações de mestrado e 27 teses de doutorado, além de 16 trabalhos de iniciação científica e 26 trabalhos de conclusão de curso na área de Geotecnia. Recebeu 54 prêmios e/ou homenagens no país e no exterior. Atualmente coordena 8 projetos de pesquisa e atua na área de infraestrutura em Engenharia Civil, com ênfase em utilização de geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente e reforço e melhoria de solos.

**RAFAEL CERQUEIRA SILVA** (UnB, pesquisador sênior): Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), mestrado e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), ambos na área de Geotecnia. Especialização em Análise Ambiental (UFJF). Atualmente é Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (ENC-Geotecnia/FT-UnB). Publicações em periódicos científicos, anais de congressos e capítulos de livros. Orientações de trabalhos científicos. Projetos de Pesquisa em parceria com a COPPE/UFRJ e concessionárias de rodovias federais reguladas pela ANTT. Desenvolvimento de tecnologias, metodologias e manuais técnicos. Foi consultor de engenharia rodoviária por 18 anos, atuando em drenagem, estabilidade de taludes/encostas, estruturas de contenção, análises de risco de deslizamentos, ensaios de campo e laboratoriais, instrumentação, monitorações, avaliação e gerência de pavimentos e pavimentação.

**LIEDI LEGI BARIANI BERNUCCI** (USP, pesquisadora e consultora sênior): Possui graduação em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1981), mestrado em Engenharia Geotécnica pela Universidade de São Paulo (1987), tendo feito pesquisa para seu mestrado no Institut Fuer Grundbau und Bodenmechanik - Eidgenossische Technische Hochschule Zürich, ETHZ, Suíça, onde permaneceu de 1984 a 1986. Retornou à mesma Instituição suíça para seu doutorado sanduíche com bolsa da FAPESP (1988-1989) e finalizou seu doutorado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1995). Realizou sua Livre-Docência em 2001 e tornou-se em 2006 Professora Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, da qual é docente desde 1986. Foi a Chefe do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da USP por 7 anos no total, cargo que ocupou até março de 2014. É atualmente diretora da Escola Politécnica (2018-2022). Atua na área de Infraestrutura de Transportes: Vias Urbanas, Rodovias, Aeroportos e Ferrovias. Formou diversos alunos de graduação, de mestrado e de doutorado; supervisionou pós-doutorados; é autora do Livro Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros, juntamente com Laura M.G. Motta, Jorge A P Ceratti e Jorge B. Soares; publicou mais de 160 trabalhos; foi editora da Transportes, de 1999 a 2003; coordena projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento, agências e por empresas públicas e privadas; foi coordenadora da Comissão de Asfalto do IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustível em 2007, coordenou o 19º Encontro de Asfalto em 2008, e coordenou a área científica do Congresso Brasileiro de Rodovias e Concessões em 2009 e em 2011. Participa de diversas associações e grupos de trabalhos de normalização e estudos.

**LUCAS DOTTO BUENO** (UFSM, pesquisador sênior): Doutor em Engenharia Civil, formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM - Graduação, Mestrado e Doutorado). Possui experiência profissional e docente com ênfase nos setores de Geotecnia e Pavimentação. Atuou como docente no Centro Universitário e Faculdades UNIFTEC e na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), além da vinculação como Engenheiro Civil junto a Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência (FATEC), com lotação no Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Participou como autor ou coautor de 18 artigos em periódicos especializados, é avaliador de revistas especializadas na área de Geotecnia e Pavimentação e participa de eventos científicos nacionais, colaborando com os comitês avaliadores dos mesmos. Possui também experiência na participação em projetos financiados pela ANP/PETROBRAS e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), com atuação enfatizada na implantação e monitoramento de trechos experimentais rodoviários e elaboração de modelos de previsão de desempenho. Atualmente, é Professor Adjunto A - Nível 1, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no campus de Cachoeira do Sul/RS.

**LUCIANO PIVOTO SPECHT** (UFSM, pesquisador sênior): Realizou pós-doutorado na École Nationale des Travaux Publics de L'État (Universit  de Lyon) em 2015 e doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2004. Foi professor assistente, associado e adjunto da UNIJUI - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul em Ijuí - RS, atuando no curso de Engenharia Civil e no Mestrado em Modelagem Matemática no período de 2001 a 2011. Atualmente   professor associado da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, atuando no curso de Engenharia Civil e no Programa de Pós-Gradua o em Engenharia Civil (Mestrado e Doutorado) (como Coordenador entre 2019 e 2021), bem como professor do PPGECA da UFRGS. Bolsista em produtividade em pesquisa CNPq (Nível 2 - 2012-2019 e Nível 1D - 2019-2027); implementou e foi Tutor do grupo PET da Engenharia Civil da UNIJUI (2006-2011) e da UFSM (2012-2014). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Pavimentação, Geotecnia e Transportes, atuando principalmente nos seguintes temas: pavimentos flexíveis, infraestrutura de transportes, materiais de pavimentação, concreto asfáltico e meio ambiente.   sócio da ABPv, ABMS e ANPET. Publicou mais de 115 artigos em periódicos especializados e mais de 350 trabalhos em anais de eventos. Recebeu entre 2003 e 2021, 18 pr mios, dentre eles o Pr mio Jaques de Medina do Instituto Brasileiro de Pet leo e Gás pela sua tese de doutorado. Participou de mais de 100 eventos científicos nos últimos anos. Já orientou diversos alunos em inicia o científica, mestrado e doutorado;   membro do comitê científico da ABPv, ANPET e ABMS além de ser membro do corpo de avaliadores do INEP/MEC, consultor AdHoc do MEC, da CAPES e do CNPq e revisor de inúmeros periódicos nacionais e internacionais.   membro titular da Comissão de Asfalto do Instituto Brasileiro de Pet leo, Gás e Biocombustíveis e editor associado da Road Materials and Pavement Design.

**DEIVIDI DA SILVA PEREIRA** (UFSM, pesquisador sênior): Realizou em 2015 estágio sênior nos Estados Unidos, na University of Minnesota, participando de projetos com a FHWA e MnDOT. Possui gradua o em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (1998), mestrado (2001) e doutorado (2003) em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (EPUSP). Foi professor assistente e adjunto na Universidade Católica de Pelotas (UCPEL). Desenvolveu atividades profissionais de engenharia em empresas de consultoria e concessão rodoviária entre 2003 e 2007. Atualmente   professor associado da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, atuando no curso de Engenharia Civil e no Programa de Pós-Gradua o em Engenharia Civil (Mestrado e Doutorado). Tem experiência na área de Engenharia Civil e de Transportes, com ênfase em infraestrutura viária, atuando principalmente em pavimentação asfáltica e de concreto, mecânica de pavimentos, elementos de segurança viária, avalia o funcional e estrutural de pavimentos e custos rodoviários. Participou da publica o como autor ou coautor de mais de 50 artigos em periódicos especializados. Recebeu entre 2002 e 2022, 29 pr mios, dentre eles o Pr mio CNT de Produ o Acad mica, conferido pela Confedera o Nacional do Transporte, alusivo a sua pesquisa de mestrado. Participou ativamente de eventos científicos nacionais e internacionais, inclusive colaborando com os comitês científicos dos mesmos e   avaliador de revistas especializadas da  rea. Possui ampla experiência em coordena o e participa o de projetos P&DI, acumulando mais de R\$ 15mi de recursos destinados a pesquisas do Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária (GEPASV/UFSM).

**MAGNOS BARONI** (UFSM, pesquisador sênior): possui gradua o em Engenharia Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2007). Mestre (2010) e Doutor (2016) na área de Geotecnia na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Entre 2010 e 2011 atuou na empresa de Consultoria Geotécnica Milititsky Engenheiros Associados, sediada na cidade de Porto Alegre/RS. Em 2011 ingressou como professor assistente na Universidade Federal do Pampa, onde atuou até 2015. Atualmente   Professor adjunto do Departamento de Transportes da Universidade Federal de Santa Maria e professor permanente do Programa de Pós-Gradua o em Engenharia Civil (Mestrado e Doutorado). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Geotecnia, Pavimentação e transportes, atuando principalmente nos seguintes temas: Ensaios Geotécnicos, Funda es, Estruturas de Conten o, Argilas Moles, Melhoramento de Solos, infraestrutura de transportes, materiais de pavimentação e meio ambiente. Publicou 18 artigos em periódicos especializados e mais de 50 trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais. Participa do projeto da Rede Temática do Asfalto. Participou de mais de 40 eventos científicos nos últimos anos sendo o presidente do GEORS 2019 e GEORS 2022. J  orientou diversos alunos em inicia o científica, trabalhos de conclusão de curso, mestrado e doutorado.   revisor de diversos

periódicos nacionais e internacionais, sócio da ABMS, tesoureiro do núcleo RS da ABMS desde 2018 e membro do comitê brasileiro de Fundações e estabilidade.

**JHON KENNEDY GUEDES** (Pesquisador sênior): Graduou-se em engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba (1988). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1992), Doutor em Engenharia em Transportes pela Universidade de São Paulo (1998) e Pós-Doutorado no Laboratoire Central des Pontes et Chaussées - LCPC (Divisão de Geotecnia, Paris et Nantes, França) onde atuou como Professor invitado do LCPC, atualmente Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux - IFSTTAR (2009/2010). Diretor do Centro de Tecnologia e Recursos CTRN/UFCG (2018/2021), Foi Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental entre 2005 e 2009 (PPGECA/UFCG), e Coordenador Administrativo do Departamento de Engenharia Civil (2013 -2014). Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e bolsista de Produtividade do CNPq. Consultor e Membro Efetivo da Associação Técnica Ernesto Luiz de Queiroz Junior (ATECEL), Chefe do Laboratório de Engenharia de Pavimentos (LEP/DEC/UFCG) e coordenador, em nível de UFCG, da Rede Temática Brasileira da Petrobrás (Asfalto). Orienta Dissertações e Teses nos Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental e de Engenharia de Processos da UFCG. Coordena Projetos com Termos de Cooperação Científica firmados entre a UFCG DNIT/PE; DNIT/PB e as Empresas: PETROBRAS, PRANA QUIMIGEL. Coordena parcerias entre o LEP/DEC/UFCG e as Empresas: JBR Engenharia, Installe, Maia Melo Engenharia. Tem experiência na Área de Engenharia Civil, com ênfase em Rodovias; Projeto e Construção, atuando principalmente nas seguintes Linhas de Pesquisa: Estudos de Solos Tropicais, Gerência de Pavimentos, Infraestrutura de Rodovias e de Aeroportos, Estudo Comportamento Físico e Mecânico de Ligantes e de Misturas Asfálticas, Mecânica de Pavimentos e Aproveitamento de Resíduos Sólidos na pavimentação.

**ANDREA CARDONA PÉREZ** (UnB, pesquisadora): Engenheira Civil formada na Universidade de Antioquia - Colômbia (2015), tendo atuado como engenheira encarregada de obras. Durante a graduação, atuou como monitora do laboratório de solos da universidade, orientando aos alunos na execução de ensaios. Mestre (2018) e Doutora (2022) em Geotecnia pela Universidade de Brasília, atuando principalmente no estudo dos solos tropicais. Atualmente é professora substituta do Departamento de Engenharia Civil (ENC) da Universidade de Brasília

**IVONNE ALEJANDRA MARIA GUITÉRREZ GÓNGORA** (pesquisadora): Engenheira civil pela Universidade de Ibagué na Colômbia (2007), mestre (2011) e doutora (2015) em Geotecnia pela Universidade de Brasília. Possui artigos publicados em periódicos internacionais e artigos publicados em congressos e simpósios nacionais e internacionais. Em 2012 seu estudo consolidado na dissertação de mestrado foi premiado no 4º prêmio de projetos inovadores, Caixa Econômica - Federal - Sinduscon - Norte/PR - Sebrae - Senai. No mesmo ano, lhe foi concedida a segunda colocação no "Prêmio Estudante - IGS Brasil 2009/2012", da seção brasileira da International Geosynthetic Society (IGS). Atualmente, atua como revisora de artigos para o Canadian Geotechnical Journal. É também Professora na Universidade Católica de Brasília, lecionando no curso de engenharia civil, na área de Geotecnia. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Geotécnica, atuando principalmente nas áreas de: Geossintéticos, Pavimentação, Mecânica de solos, Estruturas de Contenção e Estabilidade de Taludes.

## ANEXO 2 ORÇAMENTO DETALHADO

### ANEXO II - Detalhamento das Despesas

| ANEXO II - Detalhamento das Despesas |   |                     |                       |                |                   |                         |              |                |
|--------------------------------------|---|---------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------------|
| Diária                               |   |                     |                       |                |                   |                         |              |                |
| ITEM                                 | Beneficiário  | Cidade              | Quant.                | Valor unit.    | Valor total       |                         |              |                |
| 1                                    | A definir - Nacional  | A Definir           | 304                   | R\$ 300,00     | 91.200,00         |                         |              |                |
| <b>Subtotal</b>                      |   |                     |                       |                | <b>91.200,00</b>  |                         |              |                |
| Passagem e despesa com locomoção     |   |                     |                       |                |                   |                         |              |                |
| ITEM                                 | Beneficiário  | Trecho              | Quant.                | Valor unit.    | Valor total       |                         |              |                |
| 1                                    | Passagem Nacional   | A Definir           | 140                   | R\$ 1.000,00   | 140.000,00        |                         |              |                |
| <b>Subtotal</b>                      |   |                     |                       |                | <b>140.000,00</b> |                         |              |                |
| Material de consumo                  |   |                     |                       |                |                   |                         |              |                |
| ITEM                                 | Descrição   | Un. Medida          | Quant.                | Valor unit.    | Valor total       |                         |              |                |
| 1                                    | Materiais de execução de ensaios, químicos, peças e acessórios, expedientes, informática, entre outros. | Material            | 1                     | R\$ 161.239,59 | 161.239,59        |                         |              |                |
| <b>Subtotal</b>                      |   |                     |                       |                | <b>161.239,59</b> |                         |              |                |
| Bolsa de Pesquisa                    |   |                     |                       |                |                   |                         |              |                |
| ITEM                                 | Beneficiário  | Tipo de remuneração | Modalidade            | Quant.         | Período (meses)   | Começo da implementação | Valor unit.  | Valor total    |
| 1                                    | Márcio Muniz (UnB)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisador sênior 1  | 1              | 53                | 07/dez/20               | R\$ 6.000,00 | R\$ 318.000,00 |
| 2                                    | Ennio Marques Palmeira (UnB)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisador sênior 1  | 1              | 53                | 07/dez/20               | R\$ 6.000,00 | R\$ 318.000,00 |
| 3                                    | Rafael Cerqueira Silva (UnB)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisador sênior 2  | 1              | 53                | 07/dez/20               | R\$ 5.500,00 | R\$ 291.500,00 |
| 4                                    | Andrea Cardona Pérez (UnB)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisadora sênior 2 | 1              | 33                | 05/ago/22               | R\$ 5.500,00 | R\$ 181.500,00 |
| 5                                    | Ivonne Maria Alexandra Gongora Gutierrez (UnB)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisadora sênior 2 | 1              | 53                | 07/dez/20               | R\$ 5.500,00 | R\$ 291.500,00 |
| 6                                    | Liedi Bernucci Bariani (USP)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisadora sênior 3 | 1              | 52                | 08/jan/21               | R\$ 3.394,00 | R\$ 176.488,00 |
| 7                                    | Luciano Pivoto Specht (UFSM)  | Bolsa de Pesquisa   | Pesquisador sênior 3  | 1              | 22                | 18/mar/21               | R\$ 3.394,00 | R\$ 74.668,00  |

|                 |  |                   |                       |   |    |           |              |                     |
|-----------------|--|-------------------|-----------------------|---|----|-----------|--------------|---------------------|
| 8               | Deividi da Silva Pereira (UFSM)              | Bolsa de Pesquisa | Pesquisador sênior 3  | 1 | 22 | 07/mai/21 | R\$ 3.394,00 | R\$ 74.668,00       |
| 9               | Lucas Dotto Bueno (UFSM)                     | Bolsa de Pesquisa | Pesquisador sênior 3  | 1 | 22 | 07/mai/21 | R\$ 3.394,00 | R\$ 74.668,00       |
| 10              | Leticia Nunes Lopes (UnB)                    | Bolsa de Pesquisa | Pesquisadora sênior 2 | 1 | 20 | 07/dez/20 | R\$ 5.500,00 | R\$ 110.000,00      |
| 11              | Lucas Rodrigues de Andrade (USP)             | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 48 | 08/jan/21 | R\$ 2.200,00 | R\$ 105.600,00      |
| 12              | Douglas de Castro Mendes (UnB)               | Bolsa de Pesquisa | Mestrando             | 1 | 12 | 07/jul/21 | R\$ 1.500,00 | R\$ 18.000,00       |
| 13              | Matheus Viana de Souza (UnB)                 | Bolsa de Pesquisa | Mestrando             | 1 | 14 | 08/jan/21 | R\$ 1.500,00 | R\$ 21.000,00       |
| 14              | Humberto Laranjeira de Souza Filho (UnB)     | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 45 | 08/set/21 | R\$ 2.200,00 | R\$ 99.000,00       |
| 15              | Lucas André de Arede                         | Bolsa de Pesquisa | Mestrando             | 1 | 12 | 07/jul/21 | R\$ 1.500,00 | R\$ 18.000,00       |
| 16              | Rogfel Thompson Martinez (UnB)               | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 45 | 08/set/21 | R\$ 2.200,00 | R\$ 99.000,00       |
| 17              | Marcone de Oliveira Junior (UnB)             | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 4  | 08/jan/21 | R\$ 2.200,00 | R\$ 8.800,00        |
| 18              | Jéssica Wanderley Souza do Nascimento (UFSM) | Bolsa de Pesquisa | Mestranda             | 1 | 21 | 08/set/21 | R\$ 1.500,00 | R\$ 31.500,00       |
| 19              | Isabela Silva de Carvalho (UnB)              | Bolsa de Pesquisa | Doutoranda            | 1 | 45 | 08/set/21 | R\$ 2.200,00 | R\$ 99.000,00       |
| 20              | Matheus Viana de Souza (UnB)                 | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 39 | 09/mar/22 | R\$ 2.200,00 | R\$ 85.800,00       |
| 21              | Lucas Pereira de Oliveira (UnB)              | Bolsa de Pesquisa | Mestrando             | 1 | 12 | 07/out/22 | R\$ 1.500,00 | R\$ 18.000,00       |
| 22              | Maurício Silveira dos Santos (UFSM)          | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 29 | 05/jan/23 | R\$ 2.200,00 | R\$ 63.800,00       |
| 23              | Nailton Silva Costa Mafra (UnB)              | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 29 | 05/jan/23 | R\$ 2.200,00 | R\$ 63.800,00       |
| 24              | Magnos Baroni (UFSM)                         | Bolsa de Pesquisa | Pesquisador sênior 3  | 1 | 27 | 09/mar/23 | R\$ 3.394,00 | R\$ 91.638,00       |
| 25              | Juliana Caroline Neves (UnB)                 | Bolsa de Pesquisa | Mestranda             | 1 | 1  | 21/mar/23 | R\$ 1.500,00 | R\$ 1.500,00        |
| 26              | John Kennedy Guedes Rodrigues (UFCG)         | Bolsa de Pesquisa | Pesquisador sênior 2  | 1 | 24 | 07/jun/23 | R\$ 5.200,00 | R\$ 124.800,00      |
| 27              | Manoel Leandro Araújo e Farias (UFCG)        | Bolsa de Pesquisa | Pós doutorando        | 1 | 24 | 07/jun/23 | R\$ 3.100,00 | R\$ 74.400,00       |
| 28              | Raul Tadeu Lobato Ferreira (UnB)             | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 24 | 07/ago/23 | R\$ 2.200,00 | R\$ 52.800,00       |
| 29              | Emerson Batista Silva (UnB)                  | Bolsa de Pesquisa | Doutorando            | 1 | 24 | 20/jun/23 | R\$ 2.200,00 | R\$ 52.800,00       |
| 30              | Lucas André de Arede (UnB)                   | Bolsa de Pesquisa | Mestrando             | 1 | 24 | 20/jun/23 | R\$ 1.500,00 | R\$ 36.000,00       |
| 31              | Bolsa de Doutorado - A selecionar            | Bolsa de Pesquisa | Doutorado             | 2 | 24 | A definir | R\$ 2.200,00 | R\$ 105.600,00      |
| 32              | Bolsa de Mestrado - A selecionar             | Bolsa de Pesquisa | Mestrado              | 3 | 24 | A definir | R\$ 1.500,00 | R\$ 108.000,00      |
| 33              | Bolsa de estágio                             | Bolsa de Pesquisa | Graduação             | 2 | 12 | A definir | R\$ 1.002,00 | R\$ 24.048,00       |
| <b>Subtotal</b> |  |                   |                       |   |    |           |              | <b>3.313.878,00</b> |

| <b>Outros Serviços de Terceiros - Pessoa Física</b> |                             |                                  |         |              |                       |
|---|-----------------------------|----------------------------------|---------|--------------|-----------------------|
| ITEM  | Beneficiário                | Atividade no Projeto             | Período | Valor Uni.   | Valor Total           |
| 1   | Técnico II - Celetista      | Serviços Técnicos Especializados | 36      | R\$ 7.246,17 | R\$ 260.862,12        |
| 2   | Serviços gerais - Celetista | Serviços gerais                  | 20      | R\$ 2.993,21 | R\$ 59.864,20         |
| <b>Subtotal</b>                                     |                             |                                  |         |              | <b>R\$ 320.726,32</b> |

| <b>Serviços de Terceiros - Pessoa Jurídica</b> |   |            |                  |                         |
|--|---|------------|------------------|-------------------------|
| ITEM   | Descrição   | Quantidade | Valor unitário   | Valor total             |
| 1  | Serviços gráficos - Copiadora/gráfica (formatação, impressão, gravação e edição de áudios e vídeos)                             | 1          | R\$ 60.000,00    | R\$ 60.000,00           |
| 2  | Serviços afetos a workshops/seminários/coffee-break   | 1          | R\$ 52.845,05    | R\$ 52.845,05           |
| 3  | Serviços relativos a levantamento de campo, ensaios de laboratório, sondagens, calibração/monitoramento de instrumentação, etc. | 1          | R\$ 748.700,00   | R\$ 748.700,00          |
| 4  | Softwares para análise de pavimentos  | 2          | R\$ 150.000,00   | R\$ 300.000,00          |
| 5  | Construção e monitoramento da pista experimental e demais obras acessórias ao projeto construtivo                               | 1          | R\$ 225.000,00   | R\$ 225.000,00          |
| 6  | Serviços especializados de geotecnia (ensaios / instrumentação / monitoramento)   | 1          | R\$ 608.522,50   | R\$ 608.522,50          |
| 7  | Transporte de materiais e equipamentos  | 1          | R\$ 75.952,00    | R\$ 75.952,00           |
| 8  | Manutenção e calibração de equipamentos   | 1          | R\$ 24.912,00    | R\$ 24.912,00           |
| 9  | Adequações físicas das instalações dos laboratórios do Infralab   | 1          | R\$ 12.000,00    | R\$ 12.000,00           |
| 10   | Despesas Administrativas e Financeiras  | 1          | R\$ 1.760.730,48 | R\$ 1.760.730,48        |
| 11   | Ressarcimento - UnB (Resolução CAD nº 045/2014)   | 1          | R\$ 596.497,55   | R\$ 596.497,55          |
| <b>Subtotal</b>                                |   |            |                  | <b>R\$ 4.465.159,58</b> |

| Equipamento e Material Permanente |  |        |                  |                         |
|-----------------------------------|--|--------|------------------|-------------------------|
| ITEM                              | Descrição  | Quant. | Valor unit.      | Valor total             |
| 1                                 | Monitores Adicionais (23" Full hd)   | 4      | R\$ 1.000,00     | R\$ 4.000,00            |
| 2                                 | Computador   | 22     | R\$ 4.000,00     | R\$ 88.000,00           |
| 3                                 | Televisão (telão/monitor interativo)   | 1      | R\$ 15.000,00    | R\$ 15.000,00           |
| 4                                 | Sistema de carregamento dinâmico - Importado   | 1      | R\$ 550.000,00   | R\$ 550.000,00          |
| 5                                 | Ar condicionado  | 10     | R\$ 3.446,60     | R\$ 34.466,00           |
| 6                                 | Eletrodomésticos (Cafeteira, Geladeira e Microondas)   | 1      | R\$ 4.097,00     | R\$ 4.097,00            |
| 7                                 | Mobília (mesas, cadeiras, gaveteiros, armários, prateleiras, estantes, poltrona, sofás, mesa de centro, e etc) | 1      | R\$ 565.000,00   | R\$ 565.000,00          |
| 8                                 | Deflectômetro de Impacto Leve - LWD  | 2      | R\$ 112.925,92   | R\$ 225.851,84          |
| 9                                 | Medidor de densidade de pavimentos asfálticos - não nuclear  | 1      | R\$ 144.184,56   | R\$ 144.184,56          |
| 10                                | Medidor de densidade de solos - não nuclear  | 1      | R\$ 144.184,56   | R\$ 144.184,56          |
| 11                                | Geogauge   | 1      | R\$ 121.735,75   | R\$ 121.735,75          |
| 12                                | UTM 30kN Misturas asfálticas + MR Solos  | 1      | R\$ 1.763.617,15 | R\$ 1.763.617,15        |
| 13                                | Comapctador Giratório SUPERPAVE  | 1      | R\$ 482.426,75   | R\$ 482.426,75          |
| 14                                | Analizador de Párculas - AIMS - Importado  | 1      | R\$ 292.138,00   | R\$ 292.138,00          |
| 15                                | Microdeval   | 1      | R\$ 50.602,00    | R\$ 50.602,00           |
| <b>Subtotal</b>                   |  |        |                  | <b>R\$ 4.485.303,61</b> |

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>B - Total de Despesas</b> | <b>R\$ 12.977.507,10</b> |
|------------------------------|--------------------------|



Documento assinado eletronicamente por **Marcia Abrahao Moura, Reitora da Universidade de Brasília**, em 15/12/2023, às 18:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Guilherme Rodrigues de Mello, Usuário Externo**, em 18/12/2023, às 13:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.unb.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **10152820** e o código CRC **4C12D250**.