



PLANO DE TRABALHO DO TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA Nº 545/2022

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: **Regimento Interno, 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. 3.079, de 20 de junho de 2024.**

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 Federal de Santa Maria (UFSM) (CNPj 95591764/0001-05)**

Nome da autoridade competente: **Luciano Schuch**

Número do CPF: **677 [REDACTED]-91**

Nome da Secretaria/Departamento/Unidade Responsável pela execução do objeto do TED: **Laboratório de Materiais de Construção Civil – Grupo de Pesquisa em Pavimentação e Segurança Viária (GEPPASV) - Centro de Tecnologia – UFSM – Campus Sede**

Para assinatura: **DECRETO DE 23 DE DEZEMBRO DE 2021 – DOU de 24/12/2021 - Edição: 242 - Seção: 2 - Página: 1**

b) UG SIAFI

Número e Nome da Unidade Gestora - UG que receberá o crédito: **153164 –**

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Número e Nome da Unidade Gestora -UG responsável pela execução do objeto do TED:

153164 – Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

3. OBJETO DO TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA

Desenvolvimento de estudos técnicos especializados na área de dimensionamento de pavimentos asfálticos, implantação de trechos experimentais, previsão da irregularidade longitudinal e avaliação de misturas asfálticas, com o intuito contribuir com a Coordenação-Geral do Instituto de Pesquisa em Transportes (CGIPT-IPR) e a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP) do DNIT no cenário prático/tecnológico rodoviário brasileiro, visando futuras evoluções nos métodos de dimensionamentos de pavimentos.

3.1. Objeto Resumido

Implantação de trechos experimentais, previsão da irregularidade longitudinal e avaliação de misturas asfálticas visando futuras calibrações e evoluções nos métodos de dimensionamentos de pavimentos Brasileiros.

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

A infraestrutura de transportes tem papel vital no desenvolvimento socioeconômico de um país, visto que proporciona a circulação de pessoas e produtos, cuja qualidade impacta diretamente nos custos das atividades realizadas. No Brasil, com território de dimensões continentais, a eficiência dos sistemas de transportes é ainda mais influente no desempenho econômico do país. Com grandes investimentos na década de 50, o setor rodoviário brasileiro foi expandido, tornando-se desde então o modo de transporte predominante e responsável por 65% da movimentação de cargas (EPL, 2018) e por mais de 130 milhões de passageiros anualmente (ANTT, 2020).

Tendo em vista o protagonismo das rodovias no Brasil, em especial dos pavimentos com revestimentos em concreto

asfáltico, é fundamental dispor de uma malha rodoviária de qualidade, proporcionando conforto e segurança aos usuários, bem como otimização nos custos do transporte. Considerando dados de 2019, o país conta com 1,7 milhão de rodovias, entre federais, estaduais e municipais, sendo 12,4% pavimentadas (ANTT, 2019).

Cientes da necessidade de maiores evoluções nos métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos, uma iniciativa integrada da Rede de Tecnologia em Asfaltos (fomentada pela ANP/PETROBRAS), juntamente com o antigo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNIT, e uma série de instituições de pesquisa distribuídas geograficamente pelo Brasil, culminou em uma proposta de atualização no método de dimensionamento nacional de pavimentos asfálticos, regulamentada pela IS-247. Isso representa um avanço em relação ao documento anterior, baseado na metodologia americana da década de 1920, implementado no Brasil em 1966, e brevemente modificado em 1981 pelo Engenheiro Murilo Lopes de Souza (DNER, 1981). O novo método é de base mecanística-empírica, ou seja, avalia os materiais de acordo com suas reais propriedades para calcular tensões e deformações nas camadas, tornando o processo mais próximo da situação que efetivamente ocorre em campo, e possibilitando a previsão dos principais mecanismos de ruptura ao longo do tempo (MEDINA e MOTTA, 2015; FRANCO e MOTTA, 2018, 2020).

O método adaptado pelo Engenheiro Murilo Lopes de Sousa, popularmente conhecido como Método do CBR/USACE, cumpriu um papel de extrema importância para o setor ao longo das últimas décadas; todavia, a migração para processos mecanístico-empíricos em países com maior capacidade econômica e tecnológica indicou um novo caminho para os projetos de pavimentos brasileiros. Uma importante safra de pesquisas nacionais, como a de Motta (1991), indicaram possibilidades para inserção de rotinas mecanístico-empíricas no desenvolvimento de projetos de pavimentos brasileiros revestidos por concreto asfáltico. Esta iniciativa resultou no trabalho desenvolvido por Franco (2007), que efetivamente propôs uma plataforma computacional, há época denominada “SisPav”, capaz de incorporar rotinas mecânicas às parcelas empíricas do dimensionamento. Os desdobramentos deste trabalho culminaram na elaboração do MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional), documentado por Franco e Motta (2020).

Em síntese, o MeDiNa constitui um sistema de dimensionamento de pavimentos que integra calibrações em campo mediante observações advindas de pistas experimentais monitoradas, resultados de ensaios laboratoriais para avaliação das propriedades dos materiais e cálculo de esforços gerados nas estruturas submetidas ao tráfego atuante. A base de dados experimentais utilizados para calibração do sistema consiste de informações laboratoriais e de campo oriundas de trechos executados na Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro/RJ, onde fica localizado o campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa em Engenharia), que liderou as fases de monitoramento e caracterização dos materiais da localidade.

A rotina de monitoramento, iniciada em 2006, conseguiu identificar a evolução dos principais mecanismos de ruptura de pavimentos asfálticos (trincamento por fadiga e deformação permanente). Essas informações de monitoramento, juntamente com os resultados de ensaios laboratoriais de identificação das propriedades dos materiais, quantificação do tráfego atuante na localidade e cálculo de esforços nas estruturas com a ferramenta de Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC – desenvolvida por Franco, 2007), permitiram que a vida útil do pavimento fosse estimada ao longo do seu período de projeto, em uma rotina mecanístico-empírica.

A conexão entre os fundamentos empíricos, oriundos do monitoramento em campo em pistas experimentais, dos resultados laboratoriais, obtidos a partir dos testes em amostras dos materiais, e dos cálculos mecânicos efetuados computacionalmente na estrutura, são efetuados pelo MeDiNa com uso de uma função de transferência. As bases matemáticas que nortearam o processo de calibração da função de transferência foram desenvolvidas na tese de Nascimento (2015), adaptadas ao cenário de avaliação laboratorial brasileira por Fritzen (2016). A metodologia passou por alterações desde o trabalho do referido autor, resultando na versão atual, exposta por Franco e Motta (2020).

Esta função é responsável por prever a evolução de área trincada no pavimento ao longo do tempo com base nos três elementos principais da rotina mecanístico-empírica (AEMC, ensaios de laboratório e campo). O banco de dados utilizado na calibração da função de transferência do MeDiNa para projeção de área trincada contém 41 segmentos experimentais, 40 deles localizados no Rio de Janeiro/RJ, componentes do Projeto Fundão e acompanhados pela COPPE/UFRJ, e 1 segmento localizado em Santa Maria/RS, acompanhado pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária da Universidade Federal de Santa Maria (GEPPASV/UFSM).

Primeiramente, deve-se ressaltar os méritos existentes na calibração atual do MeDiNa, alcançados pelas equipes da COPPE/UFRJ, CGIPT-IPR /DNIT e ANP/PETROBRAS, que desenvolveram a versão atual do sistema. Contudo, acredita-se que a inserção de novos trechos experimentais pode ampliar as condições de contorno do sistema de dimensionamento e, conseqüentemente, permitir uma maior capacidade de entendimento de condições distintas daquelas existentes na fase de calibração e validação do atual sistema, em que pese a maior abrangência de materiais empregados, perfis de tráfego e condições climáticas.

Dentro desse contexto, o Guia para Execução de Segmentos Experimentais – PRO- MeDiNa (DNIT, 2021) tem como objetivo incentivar e orientar a implantação e monitoramento de novos segmentos experimentais, visando avaliar o comportamento de variadas alternativas de pavimento asfálticos e o aperfeiçoamento da calibração do sistema MeDiNa. Buscando padronizar os segmentos experimentais a serem construídos, o referido Guia estabelece os passos a serem realizados, tanto nas etapas de planejamento e de execução, quanto na etapa de monitoramento do pavimento ao longo de sua vida útil. Vale ressaltar que a elaboração do Guia PRO-MeDiNa foi conduzida pela Equipe Técnica da CGIPT-IPR/DNIT em parceria com os professores da UFSM Luciano Pivoto Specht, Deividi da Silva Pereira e Lucas Dotto Bueno (componentes da Equipe Técnica deste plano de trabalho).

Além da necessidade de ampliação do número de trechos experimentais na calibração do MeDiNa, por motivos já descritos, entende-se haver uma importante lacuna a ser preenchida na previsão do desempenho funcional destas estruturas, por meio de modelos de evolução de irregularidade longitudinal.

No âmbito prático, órgãos de administração rodoviária e empresas responsáveis por concessões espalhadas pelo país também demandam uma associação mais significativa entre o melhor desempenho dos pavimentos e um indicador funcional da qualidade da rodovia. Ademais, a existência de uma previsão funcional, associada a modelos de desempenho com base em parâmetros estruturais e de tráfego, poderá, por exemplo, permitir a delimitação de bonificações ou penalizações para os executores responsáveis, já que a condição de trafegabilidade na superfície do pavimento interfere de maneira significativa os custos operacionais demandados por usuários de rodovias.

Neste contexto, a possibilidade de predição da evolução da irregularidade com o tráfego, representada pelo IRI (*International Roughness Index*), permitirá aos gestores rodoviários decisões acerca de escolhas de misturas asfálticas e/ou estruturas de pavimentos que entreguem aos usuários menores custos operacionais, uma vez que a irregularidade do pavimento é um índice funcional atrelado à percepção de conforto percebida pelo usuário e também aos custos associados à utilização da via.

Vale salientar, todavia, que os indicadores de irregularidade longitudinal são parâmetros de abordagem relativamente complexa, principalmente quando são investigados os padrões de comportamento em campo destes índices de desempenho funcional. No decorrer do processo construtivo e da vida de serviço de uma estrutura rodoviária, o IRI pode ser influenciado por variados fatores que intensificam o processo de degradação do pavimento. Desta forma, previsões de comportamento dos parâmetros de irregularidade são consideradas desafiadoras, devido à aparente ausência de um elemento principal relacionado ao seu desempenho.

No cenário internacional, data do final da década de 1980 e início da década de 1990 a adoção efetiva do IRI como indicador da irregularidade longitudinal. A publicação dos relatórios técnicos do Banco Mundial (Sayers et al, 1986a e 1986b) marcam o início da utilização deste índice, visto que os referidos documentos apresentam as equações que quantificam o IRI, partindo dos conceitos desenvolvidos na *World Bank International Road Roughness Experiment* (IRRE), realizada em 1982 no Brasil.

A efetiva elaboração do IRI consolidou este parâmetro como o indicador utilizado para diagnosticar a ruptura funcional do pavimento a partir do grau de irregularidade em sua superfície, antes verificado por níveis subjetivos de serventia. Desta forma, a necessidade dos métodos de dimensionamento de pavimentos novos e restaurações de prever o desempenho da estrutura em relação aos índices estruturais e funcionais fez com que Paterson (1987), com uso de boa parte do banco de dados compilado por Queiroz (1981), desenvolvesse as bases do modelo de previsão de irregularidade incorporado ao *Highway Design and Maintenance Standards Model* (HDM-3), documentado pelo Banco Mundial em Watanatada et al (1987).

Já atualizado em uma nova versão (*Highway Development and Management Tool* - HDM-4), o sistema informatizado do Banco Mundial busca definir prioridades e soluções para procedimentos de manutenção rodoviária, objetivando a melhor relação custo/benefício para variados níveis de investimento. Na prática da Engenharia Rodoviária contemporânea, qualquer empresa ou órgão que buscar financiamentos junto ao Banco Mundial deve apresentar projetos e justificativas econômicas com análises efetuadas pelo programa HDM-4. Os Contratos de Restauração e Manutenção Rodoviária (CREMA), elaborados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), também adotaram o software para realizar o monitoramento técnico das deflexões e irregularidades longitudinais das rodovias, avaliando assim o retorno sobre os investimentos realizados.

Inspirados pelo trabalho de Paterson (1987), tanto no cenário nacional quanto internacional, surgiram variados modelos visando prever o desempenho funcional das estruturas de pavimento, servindo como base nas tomadas de decisão de projetos rodoviários. No Brasil, a maior parte dos trabalhos que buscam desenvolver equações matemáticas representativas do dano funcional sofrido pelos pavimentos é voltada à elaboração de Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP), tanto em nível de rede quanto em nível de projeto.

Destacam-se os trabalhos realizados com implantação de trechos experimentais, tais como Yshiba (2003), Nakahara (2005) e Soncim (2011), que modelaram a progressão do IRI baseados em trechos restaurados em rodovias e vias urbanas. Tais modelos têm em comum um aspecto: o caráter puramente empírico, fundamentado na correlação entre o desempenho dos pavimentos com os parâmetros estruturais, de tráfego e climáticos considerados nas respectivas equações.

Em paralelo, outros trabalhos elaboraram equações matemáticas para previsão da ruptura funcional a partir dos resultados de softwares internacionais de cálculo de esforços e dimensionamento de pavimentos. Um dos exemplos deste formato de modelo está exposto em Fernandes (2016), que utilizou o *AASHTOWare Pavement ME Design*, desenvolvido pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), para prever mecanismos de deterioração de pavimentos, entre eles a irregularidade longitudinal.

Dentro desta temática, entende-se ser possível associar as etapas empíricas e mecanicistas, juntamente com um indicador inicial da qualidade de execução da implantação ou reabilitação de uma estrutura rodoviária, em uma rotina de previsão de comportamento da irregularidade ao longo do tempo. Tal associação já se mostrou viável no decorrer dos trabalhos de Bueno (2019) e Bueno et al. (2020), onde foram empregadas rotinas mecanístico-empíricas para prever a evolução do IRI ao longo do tempo, com base em pavimentos brasileiros. Todavia, os resultados dos autores não foram atrelados a atual versão do MeDiNa e seus conceitos de danificação.

Vale também mencionar que, ainda no contexto de avaliação da irregularidade longitudinal, o GEPPASV/UFSM tem relevante experiência no assunto, contando com os trabalhos de Santos (2015), Bordin (2020) e Pavi (2019), além dos já mencionados trabalhos de Bueno (2019), Bueno et al. (2020). A elaboração destas pesquisas permitiu o desenvolvimento de um conhecimento que vai além da previsão da irregularidade ao longo do tempo, mas também permitiu identificar o comportamento da irregularidade longitudinal nas camadas estruturais do pavimento,

acompanhando este parâmetro a partir da sub-base até a camada final do revestimento e analisar a redução na irregularidade longitudinal ocasionada pela reabilitação do pavimento, mediante recapeamento com prévia realização de fresagem.

Os conceitos expostos nos parágrafos anteriores, tanto acerca de previsão de desempenho quanto de realização de melhorias nos métodos de dimensionamento, com maior abrangência de trechos experimentais, seguem uma tendência mundial de investir em critérios mais rigorosos para a seleção de materiais, dosagem e dimensionamento de estruturas de pavimentos a serem empregados em novas rodovias e projetos de restauração (ANDERSON et al., 1994; COMINSKY et al., 1994).

No entanto, avaliar os principais mecanismos de ruptura de pavimentos revestidos por concreto asfáltico é uma tarefa desafiadora, não só pela complexidade dos fenômenos, mas também pelas dificuldades operacionais dos testes que são usados para avaliar estes processos (BUENO et al., 2020).

No tocante às avaliações de misturas asfálticas, destaca-se a necessidade de entendimento do material em termos de rigidez e danificação, em especial frente às deformações permanentes e aos trincamentos por fadiga, principais processos de degradação observados nas rodovias brasileiras. Sabe-se que o comportamento mecânico das misturas asfálticas é extremamente complexo, estando este sujeito a uma gama de fatores externos e as suas propriedades intrínsecas. Mangiafico (2014) relata que, em um nível macroscópico, pode-se considerar que o concreto asfáltico é um material contínuo, homogêneo e isotrópico, e seu comportamento é influenciado por três fatores: temperatura, amplitude das deformações, e ao número de ciclos de carga solicitados.

Kim (2009) afirma que a temperatura afeta o comportamento do material asfáltico de duas formas principais: a primeira delas diz respeito à alteração da rigidez do material; a segunda se refere ao efeito das movimentações térmicas durante as mudanças de temperatura. A alteração da rigidez provém da suscetibilidade térmica das misturas betuminosas, característica herdada das propriedades do ligante asfáltico (Renauld, 1996). Em condições de aumento de temperatura, o ligante asfáltico passa a apresentar uma menor viscosidade, levando consequentemente a uma perda de rigidez da mistura. De mesmo modo, à medida que o material perde temperatura, a mistura se torna mais rígida, seguindo o comportamento do ligante. Para maiores temperaturas, e menor rigidez, o problema da deformação permanente se evidencia, havendo densificação e/ou cisalhamento da massa asfáltica. Já para rigidez elevada, a baixas e médias temperaturas, o micro dano acumulado, em um material que tem sua ductilidade diminuída com o decréscimo de temperatura, leva à ocorrência do problema de fadiga do revestimento asfáltico.

Já quando se estuda a influência do tráfego incidente no revestimento asfáltico, deve-se atentar especialmente a duas questões: a magnitude das cargas e seu tempo de aplicação. De maneira geral, a carga atua como a força que solicita o revestimento, impondo-lhe deformações mediante aplicação de tensão. Devido às propriedades de viscoelasticidade das misturas asfálticas, estas se tornam susceptíveis à frequência de aplicação de carga, fazendo com que o tempo de aplicação do carregamento influencie diretamente no domínio de comportamento que a mistura asfáltica estará sujeita. Assim, nota-se que a quantidade de deformação permanente residual é inversamente proporcional à velocidade de aplicação da carga. Desta forma, uma carga em movimento rápido, com baixo tempo de aplicação, induz somente as componentes viscoelásticas, não produzindo parcela de deformação plástica considerável. Em contrapartida, uma carga de baixa velocidade (maior tempo de aplicação) ultrapassa o domínio viscoelástico, de modo a atingir o fluxo plástico. Assim, ao cessar a aplicação de carga, as parcelas atreladas ao domínio plástico não retornam às antigas condições, levando a sucessivas micro-plastificações ligadas à danificação do material (KIM, 2009).

Conforme já descrito, de maneira geral, os mecanismos de ruptura por fadiga e deformação permanente apresentam gêneses diferentes, principalmente quando considerado o intervalo de temperatura em que cada mecanismo de ruptura ocorre. Existe, portanto, uma relação “ótima” entre a taxa de deformação e a temperatura que permite uma mínima possibilidade de danificação, seja por fadiga, seja por deformação permanente. Pode-se exemplificar da seguinte maneira: em pequenas temperaturas, uma taxa de deformação elevada culmina em elevada incidência da fissuração. Em contraponto, para temperaturas elevadas, independente da taxa de deformação, o problema do fluxo plástico se evidencia, de maneira que o esqueleto pétreo ganha maior importância com a queda de rigidez do ligante.

Portanto, dentro do contexto exposto nos parágrafos anteriores, com o intuito de preencher as lacunas técnico-científicas explicitadas, subsidiando a *CGIPT-IPR/DNIT* de informações para melhor pautar suas decisões, ações e desenvolvimentos normativos, estão previstas 3 metas no presente plano de trabalho, que constituirão entregas anuais, materializadas em relatórios técnicos cumulativos e/ou produtos e capacitações. Por fim, mas não menos importante, ressalta-se que a evolução técnico-científica desenvolvida na área rodoviária será inócua se permanecer distanciada da prática. Assim, o desenvolvimento deste plano de trabalho também buscará agregar as experiências da autarquia e do setor rodoviário, potencializando o avanço nos temas abordados, bem como difundir os conhecimentos adquiridos ao longo do desenvolvimento deste plano de trabalho.

4.1 Meta 1:

Incorporação de adicionais 5 segmentos monitorados para a Calibração do MeDiNa

A Meta 1 constitui a implantação e monitoramento de 5 trechos experimentais em verdadeira grandeza, com o intuito de auxiliar na calibração do MeDiNa e, eventualmente, outro método que o DNIT venha adotar no futuro.

O GEPPASV/UFSM tem uma longa experiência na implantação e acompanhamento de trechos experimentais. Desde 2012, a UFSM empenha-se em acompanhar 6 trechos experimentais localizados próximo ao município de Santa Maria/RS: na Avenida Roraima, na Avenida Hélio Basso, na BR-158 e três segmentos na ERS-509. Além dos trechos localizados em Santa Maria/RS, o GEPPASV/UFSM acompanha, desde 2014, 3 seções de teste na duplicação da BR-116/RS, próximo

ao município de Pelotas/RS e 3 próximos a Barra do Ribeiro/RS, desde 2022, também na BR-116/RS. Como todos os trechos foram executados em segmentos de duas faixas, totalizam-se, até o presente momento, 24 pistas experimentais acompanhadas pelo GEPPASV/UFSM. Descrições pormenorizadas da pré-execução, execução e pós-execução das pistas mencionadas acima podem ser encontrados com maiores detalhes nos trabalhos de Santos (2015), Rossato (2015), Bueno (2016), Bueno (2019), Pavi (2019), Bordin (2020) e Vestena (2021). Salienta-se que os trechos supracitados se encontram sob a tutela de outros convênios, previamente firmados pelo GEPPASV com a Petrobras e o DNIT e não fazem parte do escopo do presente plano de trabalho.

Dentro deste contexto, o grupo da UFSM se mostra capaz e com experiência prática no contexto de implantação e acompanhamento de trechos experimentais.

Em vista disso, a proposta contemplada pela Meta 1 inclui as fases de pré-execução, execução e pós-execução de 5 trechos experimentais, perfazendo uma ampliação de mais de 12% de novos segmentos afeitos à calibração do MeDiNa. Estas ações serão efetuadas conforme orientações propostas pelo Guia PRO-MeDiNa (DNIT, 2021), cuja elaboração foi conduzida pela Equipe Técnica da *CGIPT-IPR/DNIT* em parceria com os professores da UFSM Luciano Pivoto Specht, Deividi da Silva Pereira e Lucas Dotto Bueno (componentes da Equipe Técnica deste plano de trabalho). Vale mencionar que a Equipe Técnica desta proposta de TED não demandará auxílio da *CGIPT-IPR/DNIT* nas fases de prospecção e negociação para implantação dos trechos. Cabe salientar que um trecho experimental se configura pelo emprego de materiais distintos na composição das camadas do pavimento e/ou pela distinta ação do tráfego. Ainda, segmentos já implantados e que, eventualmente tenham tido seus materiais constituintes coletados, bem como seu monitoramento realizado, podem ser incorporados a esta base de dados.

Dentro da fase de pré-execução, a Equipe Técnica deste TED propõe-se a prospectar obras de implantação (preferencialmente) ou reabilitação, com seleção de segmentos com extensão aproximada de 300m, construídos preferencialmente em aterro, com relevos planos e em tangente, ao longo da totalidade do trecho experimental. Os segmentos serão prospectados em regiões sem a transposição de bueiros ou galerias ao longo da seção transversal ou longitudinal do trecho selecionado, com sistema de drenagem constante, em locais sem ramificações de fluxo de veículos no decorrer do segmento, em condição de homogeneidade, tanto em termos de materiais empregados na composição estrutural quanto em relação às espessuras das camadas adotadas na implantação ou reabilitação.

Na etapa de execução, a Equipe Técnica deste plano de trabalho se propõe a acompanhar o processo construtivo, coletar os materiais e insumos empregados em todas as etapas estruturais do pavimento e armazená-los em local apropriado. Com os materiais coletados, serão realizados os ensaios de caracterização, determinação de rigidez e deformação permanente nos materiais granulares e subleito. Com a mistura asfáltica, serão realizados os ensaios de caracterização básica e avançada, contemplando a proposta atual do MeDiNa e também os protocolos laboratoriais presentes na rotina S-VECD (*Simplified Viscoelastic Continuum Damage Model*). A caracterização básica e avançada dos ligantes asfálticos incorporados à mistura também será efetuada.

Na fase de pós-execução, serão realizadas avaliações deflectométricas, funcionais e determinação de defeitos na superfície do pavimento (área trincada e afundamento em trilha de roda). No ano inicial de operação do segmento acompanhado, realizar-se-á a rotina completa de monitoramento exposta no Guia Pro-MeDiNa (DNIT, 2021) já no primeiro mês após a liberação da estrutura para passagem do tráfego, cujos dados obtidos balizarão a condição inicial de execução das pistas. Estas atividades serão repetidas no sexto (6º) mês e no décimo segundo (12º) mês após a abertura do trecho para o tráfego de veículos. A partir do 12º mês, as informações necessárias ao monitoramento dos trechos serão atualizadas no mínimo a cada doze (12) meses. Excluem-se desta periodicidade obrigatória as avaliações deflectométricas, que serão realizadas, com caráter de obrigatoriedade, apenas no primeiro mês após a liberação da estrutura para passagem do tráfego. Em caso de inexistência de dados de tráfego, a UFSM irá desenvolver estudo de campo para a determinação do tráfego atuante para fins de calibração do MeDiNa.

4.2 Meta 2:

Desenvolvimento de Modelo Mecânico-Empírico de Irregularidade Longitudinal de Pavimentos

A Meta 2 constitui-se no estudo e desenvolvimento de modelo de Irregularidade para implantação em métodos de dimensionamento e/ou Sistemas de Gerência da Pavimentos. A base de dados que será utilizada para o cumprimento desta meta está exposta em Bueno (2019). Em relação aos dados obtidos pelo autor, serão adicionadas as informações pesquisadas e disponíveis até a data da entrega final deste TED, incluindo os dados de irregularidade obtidos na Meta 1.

A irregularidade longitudinal, representada pelo IRI, vem sendo utilizada como uma importante ferramenta de aceitação de serviços, controle de obras rodoviárias, determinação da necessidade de intervenção, avaliação da qualidade do pavimento e determinação dos custos operacionais de usuários de rodovias. Por exemplo, nos editais de concessão rodoviária divulgados pela ANTT, a agência impõe, em inúmeros contratos, um IRI máximo de 2,7m/km em 100% da rodovia para os Programas de Exploração das Rodovias (PER), passados 60 meses da fase de recuperação.

Paterson (1987), Bottura (1998) e Franco (2007) destacam que o conhecimento da irregularidade longitudinal de um pavimento é um fator fundamental na determinação da alternativa de projeto mais adequada para a estrutura avaliada. Ao longo dos anos, variados pesquisadores desenvolveram técnicas para contabilizar a ruptura por índices de irregularidade ao invés de parâmetros de serventia, visando reduzir a influência da interpretação humana nos resultados. Os autores ainda mencionam que os modelos de previsão dos danos na estrutura do pavimento estão relacionados ao conceito de ruptura. Estes conceitos, por sua vez, são de definições complexas e significativamente dependentes da experiência de cada observador, subjetivas, portanto. Por si só, um modelo de previsão de evolução de irregularidade longitudinal de um pavimento pode estimar a qualidade de rolamento de sua superfície e determinar as necessidades de intervenções e restaurações, visto que o custo de manutenção preventiva das estruturas rodoviárias é

cerca de oito vezes menor que o custo com manutenção puramente corretiva.

Visando cumprir com o objetivo desta meta, o procedimento de previsão do comportamento da irregularidade longitudinal ao longo do tempo, com base nos resultados obtidos no decorrer deste estudo, será dividido em três etapas. Na primeira delas, buscar-se-á analisar estatisticamente a associação e significância estatística de distintas variáveis na evolução da irregularidade longitudinal. Variáveis como tempo de serviço do pavimento; número de operações equivalentes do eixo-padrão (N) que já solicitou o pavimento; afundamento em trilha de rodas; percentual de área fissurada do pavimento; e dano do pavimento calculado a partir do MeDiNa serão analisadas estatisticamente para avaliar sua significância na predição da irregularidade longitudinal (IRI).

A segunda etapa desta meta buscará a formulação de modelos estatísticos de previsibilidade da irregularidade empregando-se apenas as bases de dados empíricas, determinadas em campo nos trechos monitorados (por este TED e todos os demais dados de posse do DNIT), ao decorrer dos anos de acompanhamento. Cabe salientar que os modelos empíricos de predição do IRI são empregados de maneira difusa no meio rodoviário, inclusive no exterior.

Por fim, na terceira e última etapa desta meta, serão realizadas tentativas de adequar o caráter mecanicista aos modelos de previsão, mediante utilização do parâmetro de dano, calculado pelo programa MeDiNa. Este pensamento está baseado na filosofia de cálculo do dano que já engloba o tráfego acumulado ao longo do tempo. Além disso, a composição de rigidez do sistema de camadas também é empregada para o cálculo dos esforços, embutindo também as condições dos materiais e disposição estrutural no parâmetro mecânico. Em síntese, o que se pretende nesta fase final da Meta 2 é avaliar a possibilidade e/ou efetivamente desenvolver um modelo de desempenho que possa ter uma validade mais ampla na medida que irá considerar aspectos relativos ao trabalho mecânico do pavimento e o dano gerado em sua estrutura pela imposição do tráfego.

4.3 Meta 3:

Desenvolvimento de Protocolo Racional para Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas

Esta meta prevê o desenvolvimento de um protocolo racional para a avaliação laboratorial de misturas asfálticas com base na consolidação do banco dados de misturas asfálticas do GEPPASV/UFSM (aproximadamente 40 misturas de campo e laboratório, incluindo materiais asfálticos modificados, reciclados e com diferentes fontes de agregados) assim como a inclusão de 15 novas misturas. Estas novas misturas asfálticas serão advindas de obras rodoviárias já executados (de posse do GEPPASV e ainda não avaliadas) ou de obras que serão executadas ao longo da vigência deste TED.

Tais misturas deverão ser coletadas diretamente da vibroacabadora a fim de representarem o estado da prática corrente, inclusive tendo o ligante asfáltico sido submetido ao envelhecimento durante o processo de usinagem e transporte da mistura. Tendo em vista a relevante influência do ligante asfáltico no comportamento mistura, também será realizada, no escopo de cumprimento da Meta 3, a caracterização avançada de ligantes asfálticos (tanto convencionais quanto modificados).

Visto que o comportamento das misturas é diretamente afetado, tanto para a análise de rigidez, quanto para a análise de dano, por fatores como tipo de teor de ligante, esqueleto mineral, presença ou não de filler ativo etc., estes aspectos também serão considerados na análise, buscando compreender as relações causa/efeito, indicando para o órgão o potencial de aplicação de cada material.

Justifica-se o desenvolvimento desta meta devido à fundamental compreensão acerca do comportamento viscoelastoplástico das misturas asfálticas, visto que tal comportamento é diretamente afetado por fatores como a temperatura, a taxa de carregamento, mas também a natureza dos materiais, como agregados e ligantes. Sabe-se também que, nos últimos anos, as misturas asfálticas vêm evoluído em termos de agregados (com a utilização de britadores que produzem materiais pétreos mais cúbicos e diferentes materiais passantes na peneira 200) e também de ligantes, com emprego de modificadores tais como polímeros e borracha (realidade prática nacional, conforme *DNIT EM - 129/2011* e *DNIT EM - 111/2011*).

Soma-se ainda, a estes fatores, a crescente elevação do preço dos materiais asfálticos (ANP, 2022), que aumenta a responsabilidade na seleção e adequação dos materiais para cada tipo de estrutura e tráfego, objetivando atender aos principais mecanismos de degradação de pavimentos e a elevada demanda do tráfego. Em vista dos fatos apresentados, torna-se relevante um olhar mais cuidadoso e crítico para a mistura asfáltica (componente de alto custo em implantações e reabilitação de pavimentos já existentes), capaz de indicar seu potencial frente a determinadas demandas de projeto. Para isso, a presente proposta, buscará avançar em procedimentos para selecionar misturas asfálticas no Brasil.

Destaca-se a experiência do GEPPASV/UFSM na utilização de protocolos avançados para caracterização de misturas asfálticas, expostos em detalhes nos trabalhos de Almeida Jr (2016), Faccin (2017), Schuster (2018), Boeira (2018), Luzzi (2019), Correa (2020), Bordin (2020), Pires (2021), Posebon (2021).

Com estas novas misturas, atreladas ao montante já existente, pretende-se elaborar um protocolo racional de avaliação laboratorial de misturas asfálticas, contemplando resultados de módulo dinâmico, fadiga à tração direta, protocolo de análise S-VECD, *Flow Number* e *Hamburg Test*, com o intuito de possibilitar a correta identificação dos materiais capazes de atender aos principais mecanismos de degradação de misturas asfálticas (fadiga e deformação permanente) de maneira integrada.

As 15 novas misturas serão completamente caracterizadas tanto nos protocolos recomendados pelo Guia PRO-MeDiNa (DNIT, 2021) quanto com ensaios avançados e a partir da união com o banco de dados do GEPPASV/UFSM serão construídos ranking com indicadores laboratoriais de fadiga e deformação permanente. Isso já permitirá identificar marcadores de desempenho bem como, no futuro, comparar novas misturas que venham a ser empregadas em obras.

Além disso será buscado um olhar integrado das misturas (considerando fadiga e deformação permanente) na tentativa de adequar, a partir de ensaios laboratoriais, as misturas a requisitos que atendam as demandas de determinadas obras.

Estas duas ferramentas (ranking e a visão integrada fadiga e deformação permanente) permitirão a avaliação de novas misturas que venham a ser aplicadas em obras assim como novos materiais e procedimentos que venham a ser prática no futuro (novos aditivos, misturas recicladas, utilização o de resíduos etc.).

4.4 Produtos, Relatórios e Recursos empregados

O desenvolvimento do presente plano de trabalho prevê a entrega de três produtos tecnológicos à *CGIPT-IPR/DNIT*, materializados em relatórios e fracionados de acordo com a descrição de metas previamente apresentadas.

4.4.1 Produto I

Implantação de adicionais 5 segmentos monitorados para a Calibração do MeDiNa, ampliação que representa, hoje, mais de 12% do número de segmentos, conforme fracionamento de etapas disposto na [Tabela 1](#).

Tabela 1 – Etapas e desenvolvimento da Meta 1

1	META 1 - Implantação e Monitoramento Trechos PRO MeDiNa	Apresentação/Capacitação ¹
1.1	Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 1	Apresentação online
1.2	Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 2	Apresentação online
1.3	Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 3	Apresentação online
1.4	Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 4	Apresentação online
1.5	Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 5	Apresentação online

¹Apresentações sujeitas ao interesse da *CGIPT-IPR/DNIT*

Ao término do TED, os dados gerados pela implantação e avaliação sistemática dos segmentos experimentais serão entregues de maneira a possibilitar a rápida incorporação de suas informações na calibração do método de dimensionamento do DNIT (possivelmente o MeDiNa). Ao longo deste período, também estão previstas 8h de capacitação presencial para os técnicos do DNIT acerca dos procedimentos previstos no Guia PRO-MeDiNa (DNIT, 2021) para a implantação e monitoramento dos segmentos experimentais. A capacitação presencial está prevista para ocorrer nas dependências da UFSM em Santa Maria.

Para o desenvolvimento destas atividades, está prevista a aquisição de um veículo utilitário (pick-up) para prover o deslocamento e o transporte dos materiais da frente de serviço até o laboratório do GEPPASV/UFSM. Os ensaios laboratoriais necessários à caracterização dos materiais constituintes das camadas do pavimento serão realizados em equipamentos adquiridos pelo TED.

As avaliações deflectométricas, a serem realizadas com o FWD, serão advindas de serviços de terceiros previstos neste TED, e serão conduzidas com condições de cargas e espaçamentos específicas às investigações pretendidas neste estudo, não configurando-se, portanto, a rotina corrente em avaliações estruturais de extensas malhas viárias.

As avaliações de IRI serão realizadas com o equipamento próprio do GEPPASV/UFSM; todos os custos com deslocamentos, diárias e os serviços especializados de avaliações em campo do pavimento, bem como das caracterizações laboratoriais serão efetuadas pelos pesquisadores e profissionais remunerados pelo TED.

4.4.2 Produto II

Desenvolvimento de modelo mecanístico-empírico de irregularidade longitudinal de pavimentos para implantação em métodos de dimensionamento e/ou Sistema de Gerência da Pavimentos, conforme fracionamento de etapas disposto na [Tabela 2](#).

Tabela 2 – Etapas e desenvolvimento da Meta 2

2	META 2 - Calibração Modelo de Irregularidade	Apresentação/Capacitação ¹
2.1	Revisão Bibliográfica - Irregularidade Pavimentos	
2.2	Atualização do Banco de Dados de Irregularidade dos Trechos do GEPPASV/UFSM	Apresentação online
2.3	Modelagem Empírica de IRI	Apresentação online
2.4	Modelagem Mecanístico-Empírica de IRI	Apresentação online

¹Apresentações sujeitas ao interesse da *CGIPT-IPR/DNIT* e com o público definido pela autarquia, que objetiva a transferência do conhecimento e uma discussão técnica para eventuais ajustes metodológicos ao longo do desenvolvimento deste plano de trabalho

Como produto principal desta meta, está o desenvolvimento de um modelo mecanístico-empírico para a previsão de evolução do IRI. Como desdobramentos também importantes deste bloco do plano de trabalho, pode-se citar as análises referenciadas à literatura técnica nacional e internacional acerca dos limites máximos de IRI para aceitação dos serviços de pavimentação (controle de execução) e que poderão auxiliar a *CGIPT-IPR/DNIT* em eventuais modificações de suas especificações de serviços. Os pesquisadores deste TED também poderão desenvolver uma capacitação presencial (nas dependências da UFSM) de 8h aos técnicos do DNIT sobre os aspectos vinculados à irregularidade de pavimentos,

versando desde sua gênese, a influência de aspectos construtivos sobre o IRI inicial, processos de avaliações, seus modelos de previsão, chegando até sua influência sobre os custos operacionais. Os computadores e os recursos humanos previstos neste TED serão empregados nesta meta do plano de trabalho.

4.4.3 Produto III

Desenvolvimento de um protocolo racional para avaliação laboratorial de misturas asfálticas, conforme fracionamento de etapas disposto na [Tabela 3](#).

Tabela 3 – Etapas e desenvolvimento da Meta 3

3	META 3 - Avaliação Avançada de Misturas Asfálticas	Apresentação/Capacitação ¹
3.1	Organização do Banco de Dados de Misturas de Campo e de Laboratório do GEPPASV/UFSM	--
3.2	Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas	--
3.3	Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas	--
3.4	Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas	Apresentação online
3.5	Desenvolvimento de um Critério para Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas	Apresentação online

Os equipamentos laboratoriais adquiridos pelo TED e os pesquisadores nele envolvidos participarão desta meta do plano de trabalho. Em síntese, buscar-se-á entregar à *CGIPT-IPR/DNIT* um protocolo que facilite aos técnicos da autarquia a avaliação crítica e a eventual aprovação das dosagens de misturas asfálticas para fins de aplicação em obras rodoviárias por eles contratados. Também está prevista uma capacitação presencial de 16h (nas dependências da UFSM) para os técnicos da autarquia sobre os procedimentos laboratoriais de caracterização de misturas asfálticas.

4.4.4 Entregas formais

Os produtos previamente mencionados serão materializados à *CGIPT-IPR/DNIT* em formato de relatórios incrementais anuais, em cinco distintas etapas, conforme exposto na [Tabela 4](#). Destaca-se que os produtos têm uma interligação importante entre si, uma vez que a implantação de trechos experimentais (Meta I) possibilitará uma maior representatividade no desenvolvimento de modelos de previsão de irregularidade (Meta II) e no desenvolvimento de um protocolo racional para avaliação laboratorial de misturas asfálticas (Meta III). Estas ações poderão gerar um produto integrado de aplicação prática relevante dentro da comunidade rodoviária.

Tabela 4 – Cronograma para materialização dos produtos tecnológicos em Relatórios

Entregas / Produto	Relatório	Cronograma
1.1 , 2.1 e 3.1	1	Final Ano 1
1.2 , 2.2 e 3.2	2	Final Ano 2
1.3 , 2.3 e 3.3	3	Final Ano 3
1.4 , 2.4 e 3.4	4	Final Ano 4
1.5 e 3.5	5	Final Ano 5

4.5. Transferência de Conhecimento

É também escopo deste plano de trabalho a transferência de conhecimento do objeto deste TED para os servidores do DNIT. As capacitações descritas previamente, visando o aperfeiçoamento dos técnicos do DNIT para a incorporação de novas tecnologias e procedimentos afeitos diretamente às atividades técnicas da autarquia.

Neste contexto, estão previstas duas dinâmicas distintas de interação, integralmente organizadas pelos proponentes.

- Apresentações via videoconferências dos relatórios e metas já descritas, possibilitando uma maior interação entre os pesquisadores e o corpo técnico do órgão;
- Capacitações presenciais nas dependências da UFSM em que os três grandes tópicos do TED serão abordados com a visão prática, permitindo a todos, o contato direto com os equipamentos e os procedimentos práticos associados ao plano de trabalho.

5. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO PARA CELEBRAÇÃO DO TED

O procedimento de dimensionamento de pavimentos asfálticos de maior aplicação no Brasil é baseado no método do *United States Army Corps of Engineers* (USACE) e em algumas conclusões advindas da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), pautados na tecnologia disponível entre os anos de 1920 e 1960,

lançada em 1966, e brevemente modificado em 1981 (DNER, 1981). Este formato visa, basicamente, a análise da resistência dos materiais a partir do Índice de Suporte Califórnia (ISC), em que a determinação das espessuras das camadas é procedida para uma realidade que foge as condições atuais de tráfego, tecnologias construtivas e de materiais disponíveis.

Uma das principais críticas a estes procedimentos é a dificuldade de diferenciar as propriedades e a capacidade estrutural das camadas asfálticas e que tem, sabidamente, notável influência no desempenho dos pavimentos em serviço. O advento de novas técnicas construtivas, novos equipamentos para construção, e principalmente novos materiais asfálticos (tanto pela importação de material, novos petróleos e rotas de produção e a modificação por polímeros) remetem à necessidade de caracterizar de forma adequada tais materiais, frente às reais solicitações do tráfego e considerando as condições ambientais a que estarão submetidas em campo.

A partir dos anos 2000, a iniciativa da Rede de Tecnologia em Asfaltos, fomentada pela ANP/PETROBRAS, em parceria com o antigo Instituto de Pesquisas Rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (IPR/DNIT), atual *CGIPT- IPR/DNIT*, e diversas instituições de ensino e pesquisa espalhadas pelo Brasil, desenvolveu uma proposta de atualização no método de dimensionamento nacional de pavimentos asfálticos, regulamentada pela IS-247, o MeDiNa. O novo método é de base mecanística-empírica, ou seja, avalia os materiais de acordo com suas reais propriedades para calcular tensões e deformações nas camadas, tornando o processo mais próximo da situação que efetivamente ocorre em campo, e possibilitando a previsão dos principais mecanismos de ruptura ao longo do tempo (MEDINA e MOTTA, 2015; FRANCO e MOTTA, 2018, 2020).

O MeDiNa representa um grande avanço para a comunidade técnica brasileira e, não obstante o grande esforço necessário à calibração em campo do sistema, torna-se relevante e necessário sua constante evolução, tanto em termos de ampliação da base de dados de calibração, da implementação de novas funcionalidades (como a previsão da irregularidade) e de ferramentas avançadas de seleção de materiais.

No que tange à temática deste plano de trabalho, pretende-se colaborar e avançar com os itens mencionados, mediante entrega dos Produtos I (Ampliação em mais de 12% do número de segmentos monitorados para a Calibração do MeDiNa), II (Desenvolvimento de Modelo Mecanístico-Empírico de Irregularidade Longitudinal de Pavimentos) e III (Desenvolvimento de Protocolo Racional para Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas), respectivamente.

A entrega do Produto I se justifica pela ainda pequena abrangência do sistema MeDiNa em termos de trechos experimentais. A atual função de transferência responsável por prever a evolução de área trincada utiliza em sua na calibração 41 segmentos experimentais, 40 deles localizados no Rio de Janeiro/RJ, componentes do Projeto Fundação e acompanhados pela COPPE/UFRJ, e 1 segmento localizado em Santa Maria/RS, acompanhado pelo GEPPASV/UFSM. Acredita-se que a inserção de novos trechos experimentais poderá ampliar as condições de contorno do sistema de dimensionamento e, consequentemente, permitir uma maior capacidade de entendimento de materiais, zonas climáticas, perfil de tráfego e procedimentos construtivos distintos daquelas existentes na fase de calibração e validação do atual sistema.

A entrega do Produto II se justifica em uma lacuna existente na previsão do comportamento funcional, associada às condições climáticas, geológicas e de tráfego do Brasil, com o caráter mecanístico-empírico empregado na modelagem matemática do MeDiNa. No âmbito prático, órgãos de administração rodoviária e empresas responsáveis por concessões espalhadas pelo país demandam uma associação mais significativa entre melhor desempenho na camada de revestimento e um indicador funcional da qualidade da rodovia. A existência de uma previsão funcional, associada a modelos de desempenho com base em parâmetros estruturais e de tráfego, pode permitir a delimitação de bonificações ou penalizações para os executores responsáveis, já que a condição de trafegabilidade na superfície acarreta impacto direto nos custos operacionais demandados por usuários de rodovias, além de uma oportuna revisão nos valores normativos de controle de execução de serviços de pavimentação.

A entrega do Produto III se justifica uma vez que a prática atual para caracterização das misturas asfálticas consiste na utilização dos ensaios de módulo de resiliência (DNIT 135/2018) e fadiga por compressão diametral (DNIT 138/2018), ambos escolhidos pelo longo histórico que o setor rodoviário nacional tem no uso do “ensaio brasileiro” e na Metodologia Marshall de dosagem e preparação de amostras (DNER-ME 043/95). A abordagem elástica no ensaio de módulo de resiliência e ruptura plena adotada no ensaio de fadiga os colocam em uma posição de desvantagem em relação ao que se tem observado em metodologias mais avançadas.

A prática e a tendência internacional são de migração para ensaios homogêneos, com abordagem viscoelástica, ou seja, sem a necessidade de modelagem matemática adicional para tratamento dos resultados; modelagem esta que se limita ao nível de deformações significativamente pequenas (Regime Viscoelástico Linear - LVE), o que não é o caso do ensaio de fadiga empregado atualmente no framework do MeDiNa. Os ensaios de módulo dinâmico e fadiga à tração direta, regidos pelas normativas AASHTO T 342:2011 e AASHTO TP 107:2014, respectivamente, têm se mostrado importantes ferramentas, aliando agilidade e rigor científico com aplicação prática em caracterização avançada de misturas asfálticas em nível global.

Conforme mencionado, esse processo segue uma tendência mundial de maior rigor na seleção de materiais, dosagem e dimensionamento de estruturas de pavimentos a serem empregados em novas rodovias e projetos de restauração. No entanto, avaliar a fissuração por fadiga ou a deformação permanente é uma tarefa desafiadora, não só pela complexidade de ambos os fenômenos, mas também pelas dificuldades operacionais dos testes que são usados para avaliar estes processos. As condições de campo são distintas das avaliações controladas em laboratório e as dificuldades envolvendo a previsão dos esforços ao longo do tempo levou os engenheiros a confiarem a parte “não mecanicista” às chamadas funções de transferência. Essas funções são calibrações empíricas introduzidas como parte final da previsão, convertendo os danos calculados matematicamente em área trincada na superfície ou outro defeito

em campo (NCHRP, 2004).

Nascimento (2015), em sua tese de doutorado na *North Caroline State University*, trouxe esta tecnologia para misturas asfálticas brasileiras e apresentou uma função de transferência baseada na Teoria do Dano Contínuo Simplificado capaz de prever, com o auxílio do sistema de cálculo *FlexpaveTM* (desenvolvido e de posse da NCSU), o trincamento de pavimentos asfálticos brasileiros com significativa acurácia. Neste sentido, o mote que norteia a Meta 3 do presente plano de trabalho é a caracterização avançada e a elaboração de um banco de dados de misturas asfálticas utilizadas no Brasil associada a uma proposta de hierarquização/classificação.

O GEPPASV/UFSM vem atuando na formação de recursos humanos em nível de graduação (Curso de Engenharia Civil) e pós-graduação (mestrado e doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) e domina as técnicas experimentais e o conhecimento envolvido nesta proposta de TED. Inúmeras dissertações e teses já foram finalizadas envolvendo estes tópicos e muitos artigos foram publicados em veículos de reconhecimento internacional.

Os coordenadores do TED proposto neste plano de trabalho são os professores Doutores Deividi da Silva Pereira e Luciano Pivoto Specht, ambos com pós- doutoramento no exterior e larga experiência na área, assim como os Professores Lucas Dotto Bueno e Magnos Baroni, também membros da equipe técnica desta proposta.

Além do caráter inovador do plano de trabalho proposto, há articulação e ligação com outros TEDs, como o da UNB, da UFRJ/EESC, UFSC e UFC de forma que, no futuro, as informações poderão ser intercambiadas e o avanço do conhecimento se dê de forma uniforme nas instituições e suas regiões de atuação, impactando de maneira positiva nas práticas regionais e ampliando o conhecimento tecnológico do corpo de engenheiros da *CGIPT-IPR* e do DNIT.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Preços de distribuição de produtos asfálticos. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao-de-produtos-asfalticos>. Brasil, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Relatório Anual de Atividades 2019. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>. Brasil, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Passageiros. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>. Brasil, 2020.

ALMEIDA Jr, P. O. B. Comportamento mecânico de concretos asfálticos com diferentes granulometrias, ligantes e métodos de dosagem. 2016. 217p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, RS, 2016.

AMERICAN ASSOCIATION OF HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). T 342/11: Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot-Mix Asphalt Concrete Mixtures. Washington (EUA), 2011.

AMERICAN ASSOCIATION OF HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). TP 107/14: Standard Method of Test for Determining the Damage Characteristic Curve of Asphalt Mixtures from Direct Tension Cyclic Fatigue Tests. Washington (EUA), 2014

ANDERSON, D. A., CHRISTENSEN, D. W., BAHIA, H. U., DONGRE, R., SHARMA, M. G., ANTLE, C. E., BUTTON, J. Binder characterization and evaluation. Volume 3: Physical characterization (Strategic Highway Research Program A-369 Report). Washington, DC: National Research Council. 1994.

BOEIRA, F. D. Estudo da rigidez, da deformação permanente e da fadiga de misturas asfálticas com ligantes convencionais e modificados. 286 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2018.

BORDIN, D. T. Implantação e análise de desempenho de trechos monitorados em Santa Maria – RS. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2020.

BOTTURA, E. J. Contribuição para o estudo da calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade rodoviária tipo resposta. 317 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1998.

BUENO, L. D. Avaliação deflectométrica e de rigidez: Estudo de caso em três trechos monitorados em Santa Maria/RS. 471 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

BUENO, L. D. Contribuição para a previsão empírico-mecanicista da irregularidade longitudinal e seus desdobramentos econômicos em pavimentos asfálticos. 370 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2019.

BUENO, L. D., SCHUSTER, S. L., SPECHT, L. P., PEREIRA, D. S., NASCIMENTO, L. A. H., KIM, Y. R., BRENNER, M. G. B. Asphalt pavement design optimization: a case study using viscoelastic continuum damage theory. *International Journal of Pavement Engineering*, 2020. DOI: 10.1080/10298436.2020.1788030

COMINSKY, R. J., HUBER, G. A., KENNEDY, T. W., ANDERSON, M. The Superpave mix design manual for new construction and overlays. (Report SHRP-A-407). Washington, DC: Strategic Highway Research Program, National Research Council. 1994.

CORREA, B. M. Análise de rigidez e danificação de misturas asfálticas recicladas a quente com diferentes tipos e teores

de RAP. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM (DNER). Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro/RJ, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM (DNER). ME – 043/95. Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. Rio de Janeiro/RJ, 1995

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). EM - 129/2011. Cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero elastomérico - Especificação de material. Especificação de material. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). EM - 111/2009. Cimento asfáltico modificado por borracha pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de material. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). ME 135/2018: Pavimentação asfáltica – Misturas Asfálticas – Determinação do Módulo de Resiliência. Rio de Janeiro/RJ, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. (DNIT). ME 183/2018: Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT 433/2021 - PRO. Publicação IPR-749. Guia para execução de segmentos experimentais – PRO- MeDiNa. Rio de Janeiro, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). IS-247: Estudos para Elaboração de Projetos de Implantação usando o Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 22 p. Rio de Janeiro, 2021.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S.A. Plano Nacional de Logística 2025. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/index.php>. Brasil, 2018.

FACCIN, C. Concretos asfálticos em utilização no Rio Grande do Sul: comportamento mecânico e desempenho em campo quanto à deformação permanente. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 270p, 2018.

FERNANDES, W. D. Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis no Brasil e o Método da AASHTO. 169 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2016.

FRANCO, F. A. C. P. Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SISPAV. 315 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2007.

FRANCO, F. A. C. P.; MOTTA, L. M. G. Execução de Estudos e Pesquisa para Elaboração de Método Mecanístico – Empírico de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos. Relatório Parcial IV (A). Projeto DNIT TED nº 682/2014. Processo nº 50607.002043/2013-00. Convênio UFRJ-DNIT, Rio de Janeiro/RJ, 2018.

FRANCO, F. A. C. P.; MOTTA, L. M. G. Execução de Estudos e Pesquisa para Elaboração de Método Mecanístico – Empírico de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos. Manual de Utilização do Programa MeDiNa. Projeto DNIT TED nº 682/2014. Processo nº 50607.002043/2013-00. Convênio UFRJ-DNIT, Rio de Janeiro/RJ, 2020.

FRITZEN, M. A. Desenvolvimento e validação de função de transferência para previsão do dano por fadiga em pavimentos asfálticos. 286 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2016.

KIM, Y. R. Modeling of asphalt concrete. American Society of Civil Engineers, McGraw- Hill Construction, 1st ed. 2009.

LUZZI, F. C. Adaptação de usina para reciclagem à quente e avaliação laboratorial das misturas asfálticas produzidas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.

MANGIAFICO, S. Linear viscoelastic properties and fatigue of bituminous mixtures produced with Reclaimed Asphalt Pavement and corresponding binder blends. Tese de Doutorado. École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) de l'Université de Lyon (UdL), Vaulx-ex-Velin. 2014.

MEDINA, J; MOTTA, L. M. G. Mecânica dos Pavimentos. 3ª Edição. Editora Interciência, Rio de Janeiro/RJ, 2015.

MOTTA, L. M. G. Método de dimensionamento de pavimentos flexíveis: critério de confiabilidade e ensaios de cargas repetidas. 365 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

NAKAHARA, S. M. Estudo do Desempenho de Reforços de Pavimentos Asfálticos em Via Urbana sujeita a Tráfego Comercial Pesado. 312 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2005.

NASCIMENTO, L. A. H. Implementation and Validation of the Viscoelastic Continuum Damage Theory for Asphalt Mixture and Pavement Analysis in Brazil. 335 p. Tese de Doutorado. North Carolina State University. North Carolina (EUA), 2015.

PATERSON, W. D. O. Road Deterioration and Maintenance Effects - Models for Planning and Management. 472 p. World Bank. Washington (EUA), 1987.

PAVI, D. R. Identificação de fatores construtivos que contribuem para o aumento da irregularidade longitudinal a partir do monitoramento de implantação e restauração de trechos rodoviários. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2019.

PIRES, D. M. Estudo da deformação permanente de concretos asfálticos aplicados em campo. Dissertação de Mestrado,

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2020

POSSEBON, E. P. Estudo laboratorial das propriedades mecânicas de misturas com diferentes cimentos asfálticos de petróleo produzidos no Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2018.

QUEIROZ, C. A. V. Performance prediction models for pavement management in Brazil. 317 p. Tese de Doutorado. Faculty of the Graduate School of the University of Texas, Austin (EUA), 1981.

ROSSATO, F. P. Avaliação do fenômeno de fadiga e das propriedades elásticas de misturas asfálticas com diferentes ligantes em variadas temperaturas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

SANTOS, M. S. dos. Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho a partir da implantação de trechos monitorados na região de Santa Maria – RS. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2015.

SAYERS, M. W; GILLESPIE, T. D; PATERSON, W. D. O. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. 96 p. World Bank Technical Paper Number 46. Washington (EUA), 1986a.

SAYERS, M. W; GILLESPIE, T. D; QUEIROZ, C. A. V. The International Road Roughness Experiment - Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements. 468 p. World Bank Technical Paper Number 45. Washington (EUA), 1986b.

SCHUSTER, S. L. Estudo do comportamento à fadiga de misturas asfálticas aplicadas em campo por meio da teoria viscoelástica de dano contínuo. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 270p, 2018.

SONCIM, S. P. Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos asfálticos com base em dados da rede de rodovias do Estado da Bahia. 241 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2011.

VESTENA, P. M. Segmentos Experimentais na BR 116/RS Empregando Tlaflex, Hima e 55/75-E (SBS): Caracterização Avançada e Monitoramento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2021.

WATANATADA, T; HARRAL, C. G; PATERSON, W. D. O; DHARESHWAR, A. M; BHANDARI, A; TSUNOKAWA, K. The Highway Design and Maintenance Standards Model – Vol1: Description of the HDM-3 Model. 290 p. Washington (EUA), 1987.

YSHIBA, J. K. Modelo de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná. 340 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2003.

5.1. Benefícios da execução do TED para a Universidade

5.1.1 Ensino

A universidade sempre se apoia no tripé formado pelo Ensino, Pesquisa e Extensão. Todas estas áreas devem ser desenvolvidas de tal sorte que uma dê sustentação às outras. E efetivação deste que estarão engajados ao Termo de Execução Descentralizada (TED) permitirá o envolvimento de alunos de graduação em atividades que se assemelham as suas futuras atividades profissionais, trazendo a estes alunos aprendizados extremamente práticos e atuais. Estes desenvolverão o fundamental trabalho de engenheiros que, a partir de seus conhecimentos técnicos, conseguem resolver problemas da sociedade. Ademais, os pesquisadores vinculados à UFSM, responsáveis pelo ensino em graduação (cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Transportes e Logísticas) e em pós-graduação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), atuantes em diversas disciplinas dos cursos, transferirão os aprendizados adquiridos no desenvolvimento deste plano de trabalho aos alunos em sala de aula, provendo um ensino mas vinculado com a prática da engenharia rodoviária nacional e engajados com os gargalos técnicos da sociedade.

5.1.2 Pesquisa

Com a efetiva participação dos alunos e pesquisadores/professores da instituição no desenvolvimento deste TED, será possível o desenvolvimento científico dos envolvidos, sobretudo engajados na solução de importantes gargalos científicos e tecnológicos da área rodoviária. Com inserção do corpo de pesquisadores neste plano de trabalho, que versa sobre o desenvolvimento de inovações e soluções práticas para o dia-a-dia da sociedade, acredita-se que esta parceria permitirá o desenvolvimento de pesquisadores com perfil teórico/prático e que enxerguem suas pesquisas como oportunidades de entregas palpáveis à solução de problemas reais sociedade, contribuindo não só com o desenvolvimento científico mas também contribuindo com a evolução da área de infraestrutura no Brasil. O TED também possibilitará a atualização e a manutenção das instalações laboratoriais do GEPPASV/UFSM, permitindo o desenvolvimento de dissertações e teses de grande relevância e avanços tecnológicos. Espera-se também o desenvolvimento de inúmeros artigos científicos nacionais e internacionais que contribuirão para a disseminação do conhecimento e desenvolvimento da área da pavimentação, bem como para a qualificação do Programa de Pós-Graduação a que seus pesquisadores estão vinculados.

5.1.3 Extensão

A despeito do grande caráter científico (pesquisa) que sustenta este plano de trabalho, acredita-se que as metas que estruturam este TED vinculam-se fortemente com o DNIT e o meio rodoviário, promovendo inúmeras interações. Ao

passo que estas interações ocorram, haverá uma natural e desejável transferência de conhecimento para os técnicos rodoviários e para a sociedade como um todo. Desta interação e integração, todos ganham. O meio técnico-prático adquire conhecimentos que serão implementados. Uma vez tais técnicas sejam postas em práticas, ganha a sociedade com vias mais confortáveis e com menores custos operacionais. Por fim, a universidade ganha por aproximar-se da sociedade e encontrar novos nichos de desenvolvimento tecnológicos, a fim de propiciar soluções técnicas aos problemas reais.

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 ao seguinte custo indireto, até o limite de 7% do valor global pactuado:

- 1) Custos indiretos destinados para Fundação de apoio 7,0%: - Ressarcimento de Custos Operacionais e Administrativo.

9. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Atividades	Cronograma	Valor (em R\$)*
1.1 Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 1 2.1 Revisão Bibliográfica - Irregularidade Pavimentos 3.1 Organização do Banco de Dados de Misturas de Campo e de Laboratório do GEPPASV/UFMS <i>** Os valores destinados nesta etapa consideram também a importação e aquisição de equipamentos e material permanente</i>	1ºmês→12ºmês	4.897.107,58
1.2 Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 2 2.2 Atualização do Banco de Dados de Irregularidade dos Trechos do GEPPASV/UFMS 3.2 Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas	13ºmês→24ºmês	1.246.635,60
1.3 Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 3 2.3 Modelagem Empírica de IRI 3.3 Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas	25ºmês→36ºmês	772.042,87
1.4 Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 4 2.4 Modelagem Mecanístico-Empírica de IRI 3.4 Coleta e Caracterização de Misturas de obras rodoviárias - 5 misturas 1.5 Implantação e Monitoramento - Trecho Experimental 5 3.5 Desenvolvimento de um Critério para Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas	37ºmês→60ºmês	1.582.006,33
Total		8.497.792,38

*Os valores foram estimados e não correspondem com exatidão ao desenvolvimento das respectivas atividades. Isto ocorre porque as metas estão conectadas e os equipamentos, recursos humanos e demais rubricas apoiam atividades distintas.

10. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Mês	Valor (em R\$)
Até 10 dias após Publicação do TED no Diário Oficial da União	4.897.107,58
Até 12 meses do início do TED	1.246.635,60
Até 24 meses do início do TED	772.042,87
Até 36 meses do início do TED	772.042,89
Total	7.687.828,94
Rendimento de Aplicação financeira gerenciada pela Fundação de Apoio	809.963,44
Valor Total do TED	8.497.792,38

11. PLANO DE APLICAÇÃO CONSOLIDADO – PAD

PAD - Rubricas		Total	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Custeio	Equipe Executora	3.371.748,01	859.542,81	621.600,00	925.080,00	351.488,00	614.037,20
	Passagens	289.500,00	28.500,00	28.500,00	28.500,00	66.000,00	138.000,00
	Diárias	522.500,00	74.500,00	74.500,00	74.500,00	99.500,00	199.500,00
	Material de Consumo	210.000,00	17.000,00	17.000,00	17.000,00	79.500,00	79.500,00
	Serv. Terceiros	632.520,78	120.000,00	120.000,00	120.000,00	125.047,40	147.473,38
	Total Custeio	5.026.268,79	1.099.542,81	861.600,00	1.165.080,00	721.535,40	1.178.510,58
Investimento	Equipamentos e Material Permanente	2.915.593,25	2.615.593,25	-	-	-	300.000,00
	Total Investimentos	2.915.593,25	2.615.593,25	-	-	-	300.000,00
Despesas Fundação	7,00%	555.930,34	260.059,52	60.312,00	81.555,60	50.507,47	103.495,75
Total Geral do Projeto		8.497.792,38	3.975.195,58	921.912,00	1.246.635,60	772.042,87	1.582.006,33

12. PROPOSIÇÃO

Santa Maria, na data da assinatura eletrônica.

Luciano Schuch

Reitor – Universidade Federal de Santa Maria

13. APROVAÇÃO

Brasília, na data da assinatura eletrônica.

Luiz Guilherme Rodrigues de Mello

Diretor de Planejamento e Pesquisa – DPP/DNIT

ANEXO I – EQUIPE TÉCNICA

Como a presente proposta abrange um conjunto complexo de ações técnicas, operacionais e administrativas, tem-se a necessidade da constituição de uma equipe de trabalho para que os objetivos traçados sejam alcançados com sucesso. Desta forma, são nominados abaixo os membros constituintes da referida equipe e suas respectivas funções no projeto. Além disso, são inseridos os links dos seus currículos lattes.

Deividi da Silva Pereira- Coordenador do TED e Pesquisador

<http://lattes.cnpq.br/9639329922610388>

Realizou em 2015 estágio sênior nos Estados Unidos, na University of Minnesota, participando de projetos com a FHWA e MnDOT. Possui graduação 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 é professor associado da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, atuando no curso de Engenharia Civil e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Mestrado e Doutorado) com 9 orientações de mestrado e uma de doutorado concluídas. Na UFSM, acumula experiências na gestão universitária, tendo ocupado cargos na coordenação do curso de Engenharia Civil e na Vice-Direção do Centro de Tecnologia. 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, avaliação funcional e estrutural de pavimentos e custos rodoviários. Participou da publicação como autor ou coautor de mais de 50 artigos em periódicos especializados. Recebeu entre 2002 e 2022, 29 prêmios, dentre eles o Prêmio CNT de Produção Acadêmica, conferido pela Confederação 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 é avaliador de revistas especializadas da área. Possui ampla experiência em coordenação e participação de projetos P&D, acumulando mais de R\$ 7,5mi de recursos destinados a pesquisas do Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária (GEPPASV/UFSM).

Luciano Pivoto Specht- Coordenador Técnico e Pesquisador

<http://lattes.cnpq.br/8038412953408618>

Realizou pós-doutorado na École Nationale des Travaux Publics de L'État (Université de Lyon) em 2015. Concluiu seu doutoramento no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da 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 é professor associado da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, atuando no curso de Engenharia Civil e no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (Mestrado e Doutorado) (como Coordenador entre 2019 e 2021), bem como professor do PPGEc da UFRGS. Bolsista em produtividade em pesquisa CNPq (Nível 2 - 2012- 2019 e Nível 1D - 2019-2022); 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. É sócio da ABPv, ABMS e ANPET. Publicou 105 artigos em periódicos especializados e mais de 350 trabalhos em anais de eventos. Recebeu entre 2003 e 2021, 18 prêmios, dentre eles o Prêmio Jaques de Medina do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás pela sua tese de doutorado. Participou de mais de 100 eventos científicos nos últimos anos. Já orientou diversos alunos em iniciação científica, mestrado e doutorado; é 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. É membro titular da Comissão de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis e editor associado da Road Materials and Pavement Design.

Lucas Dotto Bueno – Pesquisador

<http://lattes.cnpq.br/1290062149482053>

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 da 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.

Silvio Lisboa Schuster- Pesquisador

<http://lattes.cnpq.br/3709183577250865>

Doutor em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia e Pavimentação, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é Professor no Departamento de Transportes da UFSM, e dedica-se ao estudo de materiais asfálticos no grupo de pesquisas GEPPASV. Tem experiência sólida em análise reológica de asfaltos e misturas asfálticas e na aplicação da teoria viscoelástica do dano contínuo para a caracterização do dano por fadiga nos materiais asfálticos, além do estudo do efeito do envelhecimento oxidativo em laboratório e durante a produção da mistura em usina e vida de serviço em segmentos experimentais implantados e monitorados em campo. Concomitante a estas pesquisas, tem desenvolvido técnicas de investigação do comportamento reológico de solos coesivos, e investiga o impacto de mudanças climáticas na futura seleção de ligantes asfálticos. Publicou 12 artigos internacionais Qualis estrato superior A, sendo autor de diversos outros artigos em congressos e revistas reconhecidas da área. Foi bolsista CAPES ao longo do mestrado e doutorado realizados na UFSM, e vinculado a projetos da ANP/Petrobras junto ao GEPPASV para o desenvolvimento do novo método de dimensionamento nacional de pavimentos asfálticos (MeDiNa).

Pedro Orlando Borges de Almeida Júnior- Pesquisador

<http://lattes.cnpq.br/3229920135442077>

Doutor em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia e Pavimentação, formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em graduação, mestrado e doutorado. Foi docente substituto e atualmente é técnico de nível superior (Engenharia Civil) na UFSM, atuando em obras de infraestrutura e construção civil, além de realizar pesquisas com materiais asfálticos junto ao grupo GEPPASV. Possui experiência em projetos de dosagem, caracterização e modelagem avançada de ligantes e misturas asfálticas convencionais e recicladas com Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Simultaneamente, participa da investigação do impacto das mudanças climáticas na seleção futura de ligantes asfálticos e de biomateriais em ligantes asfálticos. É participante do comitê técnico no RILEM em Mixture Performance-based Dosage Optimization of Asphalt Recycling Agents – TC 308-PAR. Participou como autor ou coautor de 12 artigos em periódicos especializados na área de Geotecnia e Pavimentação e participa de eventos científicos nacionais, colaborando com os comitês avaliadores dos mesmos.

Corpo técnico auxiliar (a serem definidos posteriormente):

01 Eng. Civil Laboratório - Servidor Público 01 Laboratorista

01 Bolsistas Pós-Doc

03 Bolsistas de Doutorado 03 Bolsistas de Mestrado 04

Bolsistas de Graduação.

ANEXO II – ORÇAMENTO DETALHADO

Rubrica Equipamento e Material Permanente

Item	Descrição	Tipo	Origem	PREVISTO		
				Qtd.	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	UTM-30	Material Permanente	Importado ¹	1	667.639,32	667.639,32
2	Hamburgo	Material Permanente	Importado ¹	1	209.820,16	209.820,16
3	Misturador Planetário	Material Permanente	Importado ¹	1	177.847,88	177.847,88
4	Compactador Giratório	Material Permanente	Importado ¹	1	254.386,39	254.386,39
5	Reômetro	Material Permanente	Importado ¹	1	363.889,31	363.889,31
6	Compressor Ar Comprimido+Secador	Material Permanente	Nacional	1	19.955,00	19.955,00
7	Estufas	Material Permanente	Nacional	4	6.336,76	25.347,03
8	Ar condicionado Split - 48.000BTU's - com instalação	Obras e Instalações	Nacional	3	15.000,00	45.000,00
9	Desktop	Material Permanente	Nacional	6	8.371,36	50.228,16
10	Laptop	Material Permanente	Nacional	2	9.800,00	19.600,00
11	Adaptações para Redes (Elétrica+Ar comprimido)	Material Permanente	Nacional	1	80.000,00	80.000,00
12	Serra para corte e retificação de CP's	Material Permanente	Nacional	1	29.980,00	29.980,00
13	Camionete	Material Permanente	Nacional	1	321.900,00	321.900,00
14	Prensa Triaxial Dinâmica de Solos	Material Permanente	Nacional	1	350.000,00	350.000,00
15	Prensa Ensaio de Módulo de Resiliência e Fadiga de Misturas Asfálticas - Protocolo MeDiNa	Material Permanente	Nacional	1	300.000,00	300.000,00
¹ Considerando taxas de importação de 20%						2.915.593,25

Os materiais permanentes adquiridos pelo convênio serão incorporados, até o término da vigência deste instrumento contratual, ao patrimônio da UFSM

Rubrica Material de Consumo e Taxas de Inscrições Congressos

Item	Descrição	Origem	PREVISTO		
			Quant.	Verba (R\$)	Total
1	Inscrições Congressos Nacionais	Nacional	1	15.000,00	15.000,00
2	Inscrições Congressos Internacionais	Internacional	1	120.000,00	120.000,00
3	Combustível (verba)	Nacional	1	75.000,00	75.000,00
					210.000,00

Rubrica Equipe Executora

Item	Membro da Equipe	Tipo Remuneração	Modalidade	PREVISTO		
				Período (meses)	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Luciano Pivoto Specht - ano 01	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Luciano Pivoto Specht - ano 02	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Luciano Pivoto Specht - ano 03	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Luciano Pivoto Specht - ano 04	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Luciano Pivoto Specht - ano 05	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
2	Deividi da Silva Pereira - ano 01	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Deividi da Silva Pereira - ano 02	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Deividi da Silva Pereira - ano 03	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Deividi da Silva Pereira - ano 04	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
	Deividi da Silva Pereira - ano 05	Bolsa de pesquisa e inovação	---	12	6.000,00	72.000,00
3	Lucas Dotto Bueno	Bolsa de pesquisa e inovação	---	60	5.000,00	300.000,00
4	Silvio Lisboa Schuster	Bolsa de pesquisa e inovação	---	53	3.816,00	202.248,00
5	Eng. Civil Laboratório - Servidor Público	Bolsa de pesquisa e inovação	---	17	1.000,00	17.000,00
	Eng. Civil Laboratório - Servidor Público	Bolsa de pesquisa e inovação	---	43	1.500,00	64.500,00
6	Eng. Civil - Servidor Público - Pedro Orlando Jr	Bolsa de pesquisa e inovação	---	43	2.500,00	107.500,00
7	Bolsista IC - 01	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - GRADUANDO	60	800,00	48.000,00
8	Bolsista IC - 02	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - GRADUANDO	60	800,00	48.000,00
9	Bolsista IC - 03	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - GRADUANDO	60	800,00	48.000,00
10	Bolsista IC - 04	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - GRADUANDO	60	800,00	48.000,00
11	Bolsista Mestrado - 01	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - MESTRADO	48	2.100,00	100.800,00
12	Bolsista Mestrado - 02	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - MESTRADO	48	2.100,00	100.800,00
13	Bolsista Mestrado - 03	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - MESTRADO	24	2.100,00	50.400,00
14	Bolsista Doutorado - 01	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - DOUTORANDO	48	3.100,00	148.800,00
15	Bolsista Doutorado - 02	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - DOUTORANDO	36	3.100,00	111.600,00
16	Bolsista Doutorado - 03	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - DOUTORANDO	36	3.100,00	111.600,00
17	Bolsista Pós-Doc - 01	Bolsa de pesquisa e inovação - aluno	BOLSA - PÓS-DOUTORANDO	48	5.200,00	249.600,00
18	Técnico Laboratório - ano 01	Remuneração Direta - CLT	---	9	9.000,00	81.000,00
	Técnico Laboratório - ano 02	Remuneração Direta - CLT	---	12	9.900,00	118.800,00
	Técnico Laboratório - ano 03	Remuneração Direta - CLT	---	12	17.500,00	210.000,00
	Técnico Laboratório - ano 04	Remuneração Direta - CLT	---	12	19.250,00	231.000,00
	Técnico Laboratório - ano 05	Remuneração Direta - CLT	---	12	21.175,00	254.100,00
						3.371.748,00

Rubrica Passagens

Item	Trecho (ida e volta)	Motivo	PREVISTO		
			Quant.	Verba (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Viagens Nacionais para participação de congressos e/ou para Visitas Técnicas a Obras ou instituições de Pesquisas	Congressos Nacionais e/ou Visitas Técnicas Nacionais	1	67.500,00	67.500,00
2	Viagens para o Exterior - com seguro viagem	Congressos e Visitas Técnicas Internacionais	1	222.000,00	222.000,00
					289.500,00

Rubrica Diárias

Item	Trecho (ida e volta)	Motivo	PREVISTO		
			Quant. Diárias	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Viagens Nacionais para participação de congressos e/ou para Visitas Técnicas a Obras ou instituições de Pesquisas	Congressos Nacionais e/ou Visitas Técnicas Nacionais	75	700,00	52.500,00
2	Viagens para o Exterior - com seguro viagem	Congressos e Visitas Técnicas Internacionais	100	2.000,00	200.000,00
3	Viagens Regionais para Implantação e Monitoramento de trechos experimentais	Implantação e Monitoramento	675	400,00	270.000,00
					522.500,00

Rubrica Serviços de Terceiros

Item	Descrição	Origem	DESTINO	PREVISTO		
				Quant.	Verba (R\$)	Total
1	Seguro para Veículos, Taxas e Seguros Obrigatórios (IPVA, Taxas Detran)	Nacional	GEPPASV	1	72.520,78	72.520,78
2	Manutenção Veicular	Nacional	GEPPASV	1	35.000,00	35.000,00
3	Instalação, Manutenção Preventiva e Corretiva de Equipamentos de Laboratório e de Ensaios de Campo	Nacional ou Internacional	GEPPASV	1	400.000,00	400.000,00
4	Execução de Ensaios Especiais de FWD	Nacional	GEPPASV	1	125.000,00	125.000,00
						632.520,78

Rubrica: Despesas com a Fundação

Total Custeio	5.026.268,79
Total Investimentos	2.915.593,25
Custeio + Investimentos	7.941.862,04
Despesas com a Fundação (7% sobre Custeio + Investimentos)	555.930,34

TOTAL DO PROJETO

Item	R\$
Total Custeio	5.026.268,79
Total Investimentos	2.915.593,25
Custeio + Investimentos	7.941.862,04
Despesas com a Fundação (7% sobre Custeio + Investimentos)	555.930,34
Total do Projeto	8.497.792,38



Setor de Autarquias Norte | Quadra 3 | Lote A
CEP 70040-902
Brasília/DF |



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Schuch, Usuário Externo**, em 23/12/2025, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Guilherme Rodrigues de Mello, Diretor de Planejamento e Pesquisa**, em 23/12/2025, às 16:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.dnit.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **23395788** e o código CRC **8A208712**.