

**ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
RDT – Recurso de Desenvolvimento Tecnológico**

PLANO DE TRABALHO

**BUZ – DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ADAPTATIVO DE BUZINA
FERROVIÁRIA PARA REDUÇÃO DE RUÍDO, SEGURANÇA OPERACIONAL
E CONFORMIDADE NORMATIVA**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA AUMENTO DE
SEGURANÇA FERROVIÁRIA, COM FOCO PRINCIPAL EM PASSAGENS DE
NÍVEL E LOCAIS CRÍTICOS**

MRS LOGÍSTICA

28/05/2026

SUMÁRIO

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	3
1.1. Título do Projeto:	3
1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento	3
1.1.2. Temas.....	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
2. JUSTIFICATIVA	4
2.2. Relação com Licença de Operação e órgãos reguladores	6
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	8
3.1. Métodos e técnicas utilizadas	8
3.1.1 Justificativas e Descrição dos equipamentos, instalações e materiais necessários ...	9
3.1.2 Projetos Científicos e Acadêmicos	13
3.2. Etapas	13
4. TEMPO DE EXECUÇÃO, CUSTO TOTAL E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	15
5. LOCAL DE EXECUÇÃO.....	16
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA	17
6.1. Identificação da entidade.....	17
6.2. Identificação da equipe executora	17
7. PRODUTOS	18
7.1. Buzina Ferroviária Direcional e Adaptativa.....	19
7.2. Manual de Diretrizes Técnicas	19
7.3. Relatório de Avaliação de Impacto	20
7.4. Material Didático e de Capacitação	20
7.5. Publicações Científicas	20
7.6. Relatório Técnico-Regulatório	20
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS.....	20
9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO	22

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título do Projeto:

BUZ - Desenvolvimento de Sistema Adaptativo de Buzina Ferroviária para Redução de Ruído, Segurança Operacional e Conformidade Normativa.

1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento

O projeto está alinhado às diretrizes e objetivos da Resolução ANTT nº 6.021, de 20 de julho de 2023, que promovem:

- Art. 3º, inciso II: Busca a melhoria da qualidade do serviço ferroviário com foco no atributo de segurança operacional.
- Art. 4º, incisos III e V: Visa o desenvolvimento de soluções técnicas para problemas específicos do setor e a implementação de tecnologias que permitam a melhor integração da operação ferroviária com o meio ambiente.

1.1.2. Temas

Conforme estabelecido pelo Art. 1º e Anexo I da Deliberação ANTT nº 28, de 30 de janeiro de 2026, este projeto insere-se no tema prioritário:

- Tema 4: Pesquisas e desenvolvimento de soluções para aumento da segurança ferroviária, com foco principal em passagens de nível e locais críticos

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema adaptativo de buzina ferroviária que reduza o impacto sonoro nas comunidades entorno das ferrovias, mantendo ou ampliando os níveis de segurança operacional e assegurando conformidade com as normas brasileiras.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar e caracterizar o impacto sonoro atual da buzina ferroviária nas ferrovias operadora MRS: este objetivo envolve a realização de medições acústicas em conformidade com a ABNT NBR 16425-4, mapeamento de áreas críticas, levantamento de reclamações e percepções comunitárias, e análise da distribuição espacial e temporal do uso da buzina. A caracterização detalhada do cenário atual é fundamental para estabelecer uma linha de base contra a qual os resultados do projeto serão avaliados, além de permitir a identificação de áreas prioritárias para intervenção.
- Desenvolver e validar modificações técnicas na buzina ferroviária que reduzam seu impacto sonoro sem comprometer sua função de alerta: este objetivo contempla o desenvolvimento de soluções como buzinas direcionais, sistemas de controle de volume adaptativo e ajustes de frequência sonora. Estas modificações serão projetadas em conformidade com a Norma 16447 e testadas tanto em laboratório quanto em condições reais de operação, garantindo que mantenham a eficácia como dispositivo de segurança enquanto reduzem o impacto nas comunidades lindeiras.
- Elaborar diretrizes técnicas para implementação das soluções em escala na ferrovia: este objetivo envolve a documentação detalhada das soluções desenvolvidas, incluindo especificações técnicas, procedimentos de implementação, requisitos de manutenção e estimativas de custo. Estas diretrizes serão elaboradas considerando a escalabilidade das soluções e sua integração com os sistemas existentes da MRS.

- Avaliar o impacto das soluções implementadas em termos de redução de ruído e manutenção da segurança: este objetivo contempla o desenvolvimento e aplicação de metodologias de avaliação que mensurem tanto a redução do impacto sonoro quanto a eficácia dos sistemas de alerta. A avaliação incluirá medições acústicas, análise de incidentes, pesquisas de percepção comunitária e monitoramento contínuo dos sistemas implementados.
- Propor adaptações normativas fundamentadas em evidências técnicas e científicas: este objetivo envolve a análise crítica do marco regulatório atual e a elaboração de propostas de adaptação que conciliem segurança operacional e qualidade ambiental. Estas propostas serão fundamentadas nos resultados obtidos no projeto e alinhadas às melhores práticas internacionais, visando contribuir para a evolução do marco regulatório brasileiro.
- Disseminar os conhecimentos e tecnologias desenvolvidos para o setor ferroviário brasileiro: este objetivo contempla a publicação de artigos científicos, realização de workshops e seminários, e elaboração de material técnico acessível para profissionais do setor. A disseminação visa maximizar o impacto do projeto para além do contexto específico da MRS, contribuindo para a evolução tecnológica do setor ferroviário brasileiro como um todo.

2. JUSTIFICATIVA

O transporte ferroviário é muito importante para o desenvolvimento do país, sendo responsável pelo deslocamento de grande parte da produção brasileira. Não obstante, o ruído ferroviário advindo da operação de trens, especialmente o ruído da buzina, é uma preocupação crescente em áreas urbanas e suburbanas próximas a ferrovias, afetando a qualidade de vida dos residentes e gerando impactos negativos na saúde física e mental.

A buzina do trem constitui, historicamente, um dos principais dispositivos de segurança ferroviária, alertando pedestres e motoristas sobre a aproximação de composições que, devido à sua massa e inércia, possuem distâncias de frenagem significativamente maiores que veículos rodoviários. Conforme estabelecido no Decreto nº 1.832/1996, que aprova o Regulamento dos Transportes Ferroviários, as operadoras são obrigadas a sinalizar acusticamente a aproximação dos trens em passagens de nível, independentemente da existência de outros dispositivos de sinalização.

A Norma 16447, que estabelece os requisitos acústicos para buzinas ferroviárias no Brasil, determina parâmetros técnicos que garantem a audibilidade do sinal sonoro em condições diversas. Estes parâmetros resultam em níveis sonoros elevados, frequentemente superiores a 100 dB(A) a 100 metros de distância, intensidade necessária para garantir que o alerta seja percebido mesmo em condições adversas ou por motoristas em veículos fechados com sistemas de som ligados.

No entanto, este mesmo dispositivo de segurança representa uma significativa fonte de poluição sonora, especialmente em áreas urbanas onde a malha ferroviária atravessa zonas residenciais. O processo de urbanização brasileiro, frequentemente desordenado, resultou em situações em que comunidades se estabeleceram nas proximidades de ferrovias preexistentes, ou onde o crescimento das cidades incorporou linhas férreas anteriormente periféricas. Na ferrovia, este fenômeno é particularmente evidente, com dezenas de municípios atravessados por linhas férreas que, originalmente projetadas para áreas pouco habitadas, hoje cortam centros urbanos densamente povoados.

A ABNT NBR 16425-4, que define os procedimentos para medições de ruído em

sistemas ferroviários, estabelece metodologias para avaliação do impacto sonoro das operações ferroviárias, incluindo a buzina. Estudos realizados com base nesta norma indicam que os níveis de ruído produzidos pela buzina ferroviária frequentemente excedem os limites considerados aceitáveis para áreas residenciais, conforme estabelecido pelas respectivas normas que tratam da avaliação do ruído em áreas habitadas.

O impacto da poluição sonora na saúde e qualidade de vida das populações é amplamente documentado na literatura científica. Exposição prolongada a níveis elevados de ruído está associada a distúrbios do sono, estresse, hipertensão, problemas cardiovasculares e comprometimento cognitivo, especialmente em crianças. Além dos impactos diretos à saúde, o ruído excessivo afeta negativamente o bem-estar psicológico, a produtividade e as interações sociais.

Este cenário tem resultado em crescentes conflitos socioambientais, com comunidades organizando-se para reivindicar seu direito ao sossego e qualidade ambiental. No caso específico das operadoras ferroviárias brasileiras, estas tensões têm se manifestado em diversas formas, desde reclamações individuais até ações judiciais coletivas.

A complexidade desta problemática é amplificada por três fatores principais:

1. **Obrigatoriedade Legal:** A legislação federal brasileira exige o uso da buzina em passagens de nível, criando um aparente conflito entre o cumprimento da lei e a mitigação do impacto sonoro.
2. **Características da Infraestrutura Atual:** As passagens de nível na ferrovia apresentam configurações diversas, muitas delas com sistemas de sinalização tradicionais, em conformidade com as normas vigentes quando foram implementadas. Neste contexto, a buzina ferroviária desempenha papel fundamental como dispositivo de alerta sonoro, complementando os sistemas de sinalização existentes e garantindo a segurança operacional conforme exigido pela legislação federal."
3. **Cultura de Segurança:** Existe uma forte cultura de segurança no setor ferroviário que prioriza a prevenção de acidentes sobre outros impactos, resultando em resistência a mudanças que possam ser percebidas como potencialmente comprometedoras da segurança operacional.

Assim, o desenvolvimento de um sistema (buzina adaptativa) para redução do impacto sonoro nas comunidades entorno das ferrovias é essencial para atender às diretrizes da Resolução nº 6.021, de 2023, que prevê a implementação de inovações tecnológicas e projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados para a melhoria da sustentabilidade e eficiência no setor ferroviário no país, atendendo de forma estrita ao Tema 4 estabelecido pela Deliberação ANTT nº 28, de 30 de janeiro de 2026, que prioriza pesquisas e desenvolvimento de soluções para aumento da segurança ferroviária, com foco principal em passagens de nível e locais críticos.

O projeto proposto trará benefícios diretos para:

- O setor ferroviário: possibilitando a redução dos impactos do ruído e aumentando a conformidade com normas ambientais.
- A concessionária e a União: promovendo maior eficiência e sustentabilidade na operação ferroviária e alinhando-se aos objetivos nacionais de desenvolvimento sustentável.
- Os usuários do sistema e a sociedade em geral: garantindo a proteção da saúde

pública e a melhoria da qualidade de vida em comunidades próximas às ferrovias.

Os benefícios citados estão em conformidade com a Resolução nº 6.021, de 2023 ao promover a sustentabilidade por meio da redução do impacto sonoro, estimular o desenvolvimento de tecnologias nacionais adaptadas ao contexto ferroviário e garantir a aplicação eficaz de normas ambientais, contribuindo para o desenvolvimento de infraestrutura responsável.

Importante ressaltar que este projeto não contempla nenhuma obrigação contratual da concessionária, mas, sim, inovações voltadas exclusivamente para a pesquisa e o desenvolvimento de soluções tecnológicas.

Finalmente, a realização de visitas técnicas, seminários e congressos nacionais e internacionais será essencial para a troca de experiências e o aprimoramento das soluções propostas. A interação com especialistas e organizações de renome contribuirá para a validação e melhoria do sistema desenvolvido, impactando positivamente nos resultados do projeto.

O projeto também tem potencial para integração com outros projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), explorando a caracterização do ruído ferroviário nas ferrovias de carga no Brasil.

2.1. Adequação ao RDT e Integração

O projeto BUZ - Desenvolvimento de Sistema Adaptativo de Buzina Ferroviária está plenamente alinhado às diretrizes estabelecidas no Art. 3º da Resolução nº 6.021/2023, ao promover o desenvolvimento de solução tecnológica inovadora voltada à mitigação de impactos ambientais e ao aumento da segurança operacional no transporte ferroviário. A proposta enquadra-se como atividade de pesquisa aplicada, contemplando o desenvolvimento, prototipagem e validação de um sistema adaptativo de emissão sonora, com aplicação em ambiente operacional real, atendendo ao princípio de geração de inovação tecnológica com potencial de aplicação prática no setor ferroviário.

Em conformidade com os objetivos do Art. 4º, o projeto contribui diretamente para: (i) o desenvolvimento tecnológico nacional, por meio da criação de soluções adaptadas às condições operacionais brasileiras; (ii) a melhoria da sustentabilidade ambiental, ao propor a redução do impacto sonoro da buzina ferroviária sem comprometer sua função de alerta; e (iii) o aumento da eficiência e competitividade do transporte ferroviário, ao reduzir conflitos socioambientais e ampliar a aceitação do modal em áreas urbanas .

O projeto também promove a integração entre universidade, concessionária ferroviária e órgãos reguladores, ao articular competências acadêmicas e demandas operacionais reais, possibilitando o desenvolvimento orientado à solução de problemas concretos do setor. Adicionalmente, apresenta potencial de integração com outros projetos de PD&I, especialmente nas áreas de monitoramento acústico e gestão ambiental, favorecendo o compartilhamento de dados, metodologias e soluções tecnológicas. Dessa forma, a proposta reforça o papel do RDT como instrumento estratégico para inovação, desenvolvimento sustentável e aprimoramento regulatório no setor ferroviário brasileiro.

2.2. Relação com Licença de Operação e órgãos reguladores

O projeto reconhece as condicionantes fixadas na Licença de Operação (LO) e sua obrigatoriedade de cumprimento. Por tanto, esclarece-se que este projeto é uma iniciativa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com objetivo explícito de

ir além das exigências mínimas estabelecidas nas condicionantes da Licença de Operação vigente. As atividades propostas têm caráter experimental e de validação técnico-científica, destinadas a gerar evidências para subsidiar propostas de aprimoramento de medidas mitigadoras e atualizações normativas em discussão junto ao IBAMA e demais órgãos reguladores. Em nenhuma hipótese o desenvolvimento experimental proposto pretende substituir, atenuar ou suprimir as condicionantes legais atualmente em vigor; quaisquer ensaios em área operacional serão previamente autorizados e conduzidos em conformidade com as condicionantes aplicáveis

Para tal propósito, será estabelecida agenda de articulação institucional com IBAMA, ANTT e demais órgãos competentes, mediante compartilhamento de resultados parciais e entrega de relatório técnico destinado a subsidiar discussões regulatórias. As atividades de campo serão executadas apenas com as autorizações necessárias e jamais com o intuito de atenuar ou substituir as medidas exigidas pela LO.

2.3. Participação em Congressos e outros eventos

Por se tratar de um projeto inovador, conhecer o estado da arte associado ao desenvolvimento de novos sistemas relativos à segurança operacional como a buzina é fundamental. Assim, é extremamente importante que os membros da equipe possam participar de eventos especializados na área, como congresso, simpósios, feiras e outros. Tal participação pode ser para a divulgação do trabalho realizado no projeto, com a proposição de artigos científicos e tecnológicos. Como as chamadas para os eventos são feitas entre seis meses e um ano antes da sua realização, ainda não é possível definir com absoluta certeza em quais eventos a equipe participará, uma vez que serão os congressos para os quais os trabalhos científicos forem aceitos. Entretanto, desde já, foram selecionados os seguintes eventos:

- COBEM (Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica) o *Página oficial*: <https://eventos.abcm.org.br/cobem2025/> o Público médio estimado: 1200 a 1500 participantes o Um dos maiores eventos da engenharia mecânica no Brasil, abrangendo temas como dinâmica de sistemas, materiais avançados e sustentabilidade. A participação proporcionará imersão nas discussões mais atuais sobre inovação em engenharia e suas aplicações no setor ferroviário, fortalecendo o impacto do projeto por meio do compartilhamento de resultados e do diálogo com profissionais da área.
- Simpósio de Engenharia Ferroviária. (<https://simposio-ferroviario.com.br/>) O Simpósio de Engenharia Ferroviária é o mais importante evento de pesquisa em engenharia ferroviária do Brasil. Todo ano recebemos mais de 200 pessoas, entre pesquisadores, estudantes de pós-graduação, membros das equipes de engenharia e gerências das empresas do setor, para divulgar o que existe de melhor nos estudos ferroviários no país.
- International Heavy Haul Conference 2027. É a mais importante conferência mundial sobre transporte ferroviário de carga pesada (“Heavy Haul”). Nele são apresentados os principais avanços desenvolvidos pelas ferrovias no mundo. Nos últimos eventos, aqui no Brasil e nos Estados Unidos, foram mais de 2500 participantes, com muitos trabalhos sobre questões ambientais atrelados ao setor ferroviário de carga. A conferência do IHHA é bianual e, em 2027, deverá ser realizada em um local ainda por ser confirmado. Os resultados parciais deste projeto deverão ser apresentados nessa conferência. É fundamental estarmos presentes para mostrarmos os avanços que o investimento focado das ferrovias e do governo brasileiro (RDT da ANTT) podem gerar e também para

continuarmos adquirindo conhecimentos que permitirão que as ferrovias e a academia nacional estejam atualizadas e mostrem sua capacidade de pesquisa científica e tecnológica.

- Railways 2028. Este evento realizado sempre na Europa é um dos mais importantes desde o ponto de vista técnico em sistemas ferroviários. Neste evento há sempre uma seção de trabalhos voltados para meio ambiente e sustentabilidade. É muito relevante poder apresentar os resultados do segundo ano do projeto nessa conferência por meio de artigos técnicos.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas

O projeto será desenvolvido ao longo de 36 meses, dividido em 4 fases interconectadas, abrangendo desde o diagnóstico e caracterização até o refinamento e documentação. Cada fase utilizará métodos e técnicas específicas para garantir o cumprimento dos objetivos do projeto e a aplicação prática das soluções desenvolvidas.

Procedimentos e técnicas principais

- Pesquisa bibliográfica e levantamento do estado da arte: Revisão de literatura acadêmica, patentes e análise de soluções existentes no mercado para embasar as decisões técnicas, identificar lacunas que a solução proposta pode preencher e evitar problemas com propriedade intelectual.
- Desenvolvimento de novas tecnologias: O projeto visa criar tecnologias personalizadas, como buzinas direcionais e adaptativas.
- Execução de testes e simulações: Serão realizados ciclos de testes em laboratório e em campo para validar o sistema em diferentes condições, identificar possíveis falhas e implementar melhorias nos protótipos.
- Reprojetado, otimização e acompanhamento: Com base nos testes, ações de reprojetado serão realizadas para garantir que os requisitos iniciais sejam atendidos e para aprimorar o desempenho e a confiabilidade do sistema. Será feito um acompanhamento dos protótipos instalados.
- Transferência de conhecimento: Workshop de integração entre a equipe acadêmica e a concessionária MRS, com apresentação de resultados e capacitação para utilização do sistema desenvolvido.

Componentes e equipamentos:

- Buzinas ferroviárias para modificação e testes
- Sensores acústicos e ambientais
- Equipamentos para medição acústica conforme ABNT NBR 16425-4
- Ferramentas de prototipagem eletrônica
- Equipamentos para testes em laboratório e em campo

Softwares e sistemas:

- Software de modelagem acústica
- Sistemas de análise de dados sonoros

- Plataformas de simulação para testes virtuais
- Sistemas de visualização e monitoramento

Parâmetros técnicos

O desenvolvimento técnico seguirá as normas brasileiras aplicáveis para medição, cálculo e análise de ruído, como a ABNT NBR 16425-4 e a Norma 16447 para buzinas ferroviárias. Os parâmetros técnicos incluem:

- Níveis de pressão sonora (dB) em diferentes distâncias e direções
- Espectro de frequência do som emitido
- Direcionalidade da emissão sonora
- Tempo de resposta dos sistemas de alerta
- Eficácia da detecção de obstáculos
- Visibilidade dos sinais em diferentes condições ambientais
- Audibilidade dos alertas sonoros direcionais

Capacitação de pessoas

- Critérios de escolha: Serão capacitados técnicos e engenheiros da MRS, selecionados com base em suas áreas de atuação e expertise em conhecimentos relativos ao ruído ferroviário e monitoramento. O workshop, no contexto das diretrizes da Resolução nº 6.021 estará aberto para funcionários de outras operadoras e dos órgãos de controle, como IBAMA e ANTT.
- Ações de capacitação: O treinamento incluirá workshops teórico-práticos sobre ruído ferroviário, totalizando 40 horas de qualificação para até 20 participantes. Os workshops preveem a participação dos diferentes órgãos e instituições públicas e privadas no país como prefeituras, Ibama, Detran, etc.
- Transferência de tecnologia: Será entregue à MRS relatórios parciais ao longo do desenvolvimento do projeto, um relatório técnico detalhado no final e o protótipo funcional, além de capacitação prática para utilização e manutenção do sistema desenvolvido.

Projetos científicos e acadêmicos

- Publicação de artigos científicos relacionados ao desenvolvimento do protótipo de buzina
- Elaboração de monografias de TCC e dissertações de mestrado com base nos resultados obtidos.
- Participação em eventos técnicos nacionais e internacionais para disseminação de resultados e troca de conhecimentos.

Essa abordagem integrada garantirá que o projeto atinja seus objetivos, contribuindo tanto para o avanço científico quanto para a melhoria prática das operações ferroviárias e ambientais.

3.1.1 Justificativas e Descrição dos equipamentos, instalações e materiais necessários

- Notebook (2). Serão necessários 2 notebooks de alta capacidade de processamento para as atividades de aquisição de dados em campo nos

diferentes pontos da ferrovia, assim como de transmissão dos mesmos para a nuvem. Foi selecionado o notebook Dell Pro 14 Plus para este objetivo. (Cotações no Anexo IV).

- Para as visitas técnicas/reuniões na MRS. Estão sendo programadas uma visita técnica por semestre com um grupo de pelos menos 3 pesquisadores. As visitas são programadas para 5 dias em campo (5 diárias/pessoa) em função da periodicidade dos trens na ferrovia, na hora de programar a coleta de dados e testes do sistema a ser desenvolvido. Para as visitas de testes em campo se faz necessário o aluguel de veículo (5 diárias/viagem) para poder transportar os equipamentos em segurança e ter a mobilidade requerida neste tipo de atividade, além de passagem de trem para o deslocamento entre as cidades ao longo da ferrovia. Para permitir o cálculo dos valores das passagens, foi feita uma estimativa de compra em um site, com mais de 30 dias de antecedência, e foi gerado um arquivo que mostra os valores obtidos e os cálculos feitos (ver Cotações de passagem e aluguel de veículo no Anexo IV).
- Para a participação em Congressos, foram selecionados os eventos já apresentados, com as justificativas pertinentes. Serão dois eventos nacionais e dois internacionais, dos quais um pesquisador vai participar. Para essas atividades, foram feitas cotações baseadas nas informações disponíveis atualmente. O cálculo para cada uma das viagens está descrito no mesmo Anexo IV. As passagens foram cotadas para viagens a, ao menos, 30 dias após a data da cotação e as cotações obtidas no anexo. As diárias foram as que são definidas pelo Decreto nº 71.733, para os países onde deverão ser realizados os eventos. Congressos assim, conforme mostrado nos links apresentados, duram cinco dias e, por isso, estão sendo solicitadas sete diárias por pesquisador participante (tendo em conta os dias da viagem de ida e volta. Nesses congressos, há uma série de sessões paralelas e os assuntos podem envolver os diversos temas que serão estudados neste projeto. Ademais, trabalhos científicos serão apresentados pela equipe e podem ser sobre assuntos fundamentalmente diferentes.
- Buzina ferroviária nacional: A aquisição de buzinas ferroviárias nacionais utilizadas em locomotivas é necessária para servir como referência experimental (baseline) no projeto. Esses equipamentos permitem a caracterização acústica em condições reais, incluindo níveis de pressão sonora, espectro e direcionalidade, garantindo a confiabilidade dos ensaios. Além disso, possibilitam a realização de modificações e integrações com os sistemas desenvolvidos, o que não seria viável apenas com simulações. Dessa forma, a aquisição é essencial para validar tecnicamente as soluções propostas e assegurar aderência às condições operacionais do setor ferroviário brasileiro. Cotação das buzinas no anexo IV.
- Estimativa de Componentes eletrônicos /elétricos nacionais: A estimativa de custos para componentes eletrônicos e elétricos nacionais é baseada em valores de referência de mercado, uma vez que o projeto possui caráter experimental e evolutivo, com definição progressiva das especificações técnicas ao longo de sua execução. O desenvolvimento do sistema adaptativo envolve seleção e substituição de componentes (sensores, controladores, fontes, módulos de comunicação, entre outros) conforme os resultados obtidos nos testes e etapas de validação. Dessa forma, não é possível estabelecer previamente uma lista

fechada de componentes com quantitativos e modelos definitivos, o que limita a obtenção de cotações precisas nesta fase. A estimativa apresentada assegura coerência com projetos similares e viabiliza flexibilidade técnica para ajustes necessários durante o desenvolvimento, garantindo aderência ao objeto, economicidade e adequada execução das atividades de pesquisa e prototipagem.

- Alto-falante + controlador: Biamp: A aquisição de alto-falantes e controladores do tipo Biamp é necessária para a estruturação do protótipo inicial da buzina adaptativa. Esses equipamentos permitem o controle preciso de parâmetros acústicos, como intensidade, frequência e direcionalidade, viabilizando a simulação e testes de diferentes configurações sonoras em ambiente controlado. Sua utilização possibilita o desenvolvimento e validação de conceitos de emissão sonora antes da implementação em buzinas ferroviárias reais, reduzindo riscos técnicos e aumentando a eficiência dos ciclos de projeto e reprojeção. Dessa forma, esses componentes são fundamentais para a fase inicial de prototipagem e experimentação do sistema proposto. Cotação no anexo IV
- Medidor de pressão sonora HBK 2255: A aquisição do medidor de pressão sonora HBK 2255 é necessária para a realização de medições acústicas com alta precisão, em conformidade com normas técnicas aplicáveis (ex.: ABNT NBR 16425-4). Trata-se de equipamento classe 1, adequado para uso em campo e em ambiente ferroviário, permitindo a coleta confiável de níveis de pressão sonora, espectro e demais parâmetros relevantes. A escolha por equipamento da mesma marca (HBK – Brüel & Kjær) justifica-se pela compatibilidade com os sistemas já disponíveis (analisador e software BK Connect), garantindo integração direta, padronização dos dados e maior confiabilidade metrológica. Dessa forma, assegura-se qualidade, rastreabilidade e consistência nos resultados ao longo de todo o projeto. Orçamento apresentado no anexo IV
- Amplificador 75VA BK 2718: A aquisição do amplificador BK 2718 (75VA) é necessária para a excitação controlada de alto-falantes e atuadores durante os ensaios acústicos, permitindo a reprodução de sinais com estabilidade e fidelidade. Esse equipamento é fundamental para testes laboratoriais e validação de diferentes configurações da buzina, garantindo condições controladas de emissão sonora. A escolha por equipamento da HBK (Brüel & Kjær) assegura compatibilidade com os sistemas já disponíveis (analisador e software BK Connect), garantindo integração, confiabilidade metrológica e padronização dos ensaios ao longo do projeto. Orçamento apresentado no anexo IV.
- Analisador LAN-XI: A aquisição do analisador LAN-XI (4 canais de entrada e 2 de saída, 51.2 kHz) é necessária para a aquisição e análise multicanal de sinais acústicos com alta precisão, permitindo medições sincronizadas, excitação controlada e avaliação detalhada do comportamento da buzina em diferentes condições. O equipamento atende aos requisitos técnicos para ensaios laboratoriais e em campo, possibilitando análises no domínio do tempo e frequência. A escolha por equipamento da HBK (Brüel & Kjær) justifica-se pela compatibilidade com os sistemas já disponíveis (medidor e software BK Connect), garantindo integração direta, padronização dos dados e

confiabilidade metrológica. Dessa forma, assegura-se consistência, rastreabilidade e qualidade nos resultados ao longo do projeto. Orçamento apresentado no anexo IV

- Taxas de importação Equipamento permanente internacional: A previsão de taxas de importação está associada à aquisição de equipamentos permanentes de alta precisão não disponíveis no mercado nacional, essenciais para o desenvolvimento e validação do sistema proposto. No contexto do projeto BUZ, tais equipamentos incluem instrumentos de medição acústica, sensores especializados e sistemas de aquisição de dados que atendam às normas técnicas aplicáveis (ex.: ABNT NBR 16425-4 e requisitos de desempenho acústico). Ressalta-se que a estimativa de aproximadamente 40% sobre o valor dos equipamentos decorre da composição típica dos encargos incidentes sobre importações no Brasil, incluindo Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), PIS/COFINS-Importação, ICMS estadual, além de custos operacionais como frete internacional, seguro, despacho aduaneiro e taxas administrativas. Esse percentual é amplamente praticado para equipamentos científicos e tecnológicos importados e reflete a realidade do ambiente tributário nacional.
- Serviços terceiros – Fabricação de componentes / Prototipagem: Não é possível estabelecer um valor fixo ou apresentar orçamentos detalhados nesta fase do projeto devido ao seu caráter experimental e iterativo. O desenvolvimento da buzina adaptativa envolve sucessivos ciclos de projeto, testes e reprojeção, nos quais as especificações técnicas dos componentes (materiais, geometrias e processos de fabricação) serão definidas e ajustadas ao longo da execução. Assim, os requisitos de prototipagem ainda não estão completamente consolidados, o que inviabiliza cotações precisas neste momento. A estimativa orçamentária foi baseada em valores de referência de projetos similares, garantindo coerência e razoabilidade. A contratação dos serviços será realizada conforme a demanda técnica de cada etapa, observando critérios de economicidade e aderência ao objeto do projeto
- Licença Software BK Conect: A aquisição da licença do software BK Connect (3 anos) é necessária para o processamento e análise dos dados acústicos ao longo do projeto, sendo compatível com o analisador já disponível na UFSC da mesma marca (Brüel & Kjær). Essa integração garante pleno aproveitamento do sistema de medição, permitindo análises avançadas em conformidade com normas técnicas, além de assegurar confiabilidade, rastreabilidade e padronização dos resultados durante todas as fases do projeto. Proposta comercial no anexo IV.
- Workshop: A realização de workshop técnico é justificada como atividade estratégica de transferência de conhecimento, validação de resultados e integração entre os diferentes atores envolvidos no projeto, incluindo a universidade, a MRS e órgãos reguladores. O workshop permitirá a apresentação dos resultados técnicos, discussão de aspectos operacionais e regulatórios, e capacitação de profissionais para aplicação das soluções desenvolvidas. Além disso, constitui um mecanismo importante para disseminação das tecnologias e metodologias geradas, contribuindo para sua adoção em escala no setor ferroviário. Essa atividade está alinhada às diretrizes do RDT ao promover a difusão do conhecimento, formação de recursos

humanos e fortalecimento da interface entre pesquisa, desenvolvimento e aplicação prática. Os valores de passagens, deslocamento e diárias segue a mesma diretriz de valores usados para participação em evento nacional. O valor do kit do workshop está apresentado no anexo IV,

3.1.2 Projetos Científicos e Acadêmicos

As linhas principais de trabalho vão gerar Projetos Acadêmicos ou trabalhos de pesquisa ligados a cada um dos membros da equipe. A lista dos projetos de cada pesquisador é a seguinte:

- I. O Pesquisador Líder, especialista em engenharia e operação ferroviária, será responsável pela coordenação técnico-científica das pesquisas, conduzindo estudos relacionados à integração do sistema de buzina adaptativa à operação ferroviária, avaliação de impacto na segurança em passagens de nível e análise de conformidade com requisitos regulatórios. Também atuará na articulação dos resultados técnicos com aplicações práticas e diretrizes para o setor.
- II. O Pesquisador II, especialista em acústica ferroviária, desenvolverá pesquisas voltadas à caracterização do ruído da buzina, análise espectral e direcionalidade sonora, além da avaliação do desempenho acústico das soluções propostas frente às normas aplicáveis. Este eixo dará suporte à validação da redução de impacto sonoro sem comprometimento da audibilidade. Funções de subcoordenação.
- III. O Pesquisador III, especialista em projeto mecânico, testes experimentais e sistemas hardware/software, será responsável pelas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento físico do protótipo, incluindo modificações estruturais da buzina, integração com sistemas eletrônicos e execução de testes laboratoriais e em campo para validação funcional e operacional.
- IV. O mestrando desenvolverá sua dissertação no contexto do projeto, com foco no desenvolvimento e validação do protótipo de buzina adaptativa, incluindo concepção, testes experimentais, análise de desempenho e otimização da solução, contribuindo diretamente para os resultados técnicos do projeto.
- V. Os cinco alunos de iniciação científica atuarão de forma distribuída nas diferentes frentes do projeto, incluindo: (i) levantamento bibliográfico e normativo; (ii) apoio às campanhas de medição acústica e organização de dados; (iii) processamento inicial e análise exploratória dos sinais; (iv) suporte ao desenvolvimento e montagem de protótipos; e (v) apoio à construção de ferramentas de visualização e documentação técnica. Essas atividades contribuirão para a formação acadêmica dos alunos e para o suporte às pesquisas de maior complexidade.

Como resultados acadêmicos, estão previstas a elaboração de dissertação de mestrado, trabalhos de iniciação científica, além da produção de artigos científicos a serem submetidos a periódicos e eventos nacionais e internacionais, reforçando a disseminação do conhecimento e o impacto do projeto no setor ferroviário.

3.2. Etapas

O projeto possui uma previsão de execução em 36 meses e estará dividido em quatorze (14) atividades: levantamento bibliográfico e estado da arte, definição dos requisitos

iniciais de projeto, desenvolvimento do protótipo, desenvolvimento do sistema de coleta de dados na nuvem, desenvolvimento do sistema de análise e tratamento de dados, concepção do painel de visualização (dashboard), três (3) testes em laboratório, três (3) testes em campo, ações de reprojeto, e finalmente uma etapa de transferência dos conhecimentos. As etapas da metodologia do projeto serão detalhadas a seguir.

1. Levantamento do estado da arte: Inicialmente será realizada uma profunda pesquisa bibliográfica, incluindo artigos científicos e patentes que possam auxiliar no desenvolvimento do projeto, assim como um levantamento do estado da arte de soluções comerciais com a mesma funcionalidade.

2. Definição dos requisitos iniciais de projeto: Nesta etapa serão definidos os requisitos de projeto tais como o tipo de buzina, modificações de software ou físicas, sistemas adaptativos, sensoreamento.

3. Caracterização do ruído na ferrovia da MRS: Será feito a caracterização do ruído ferroviário advindo do acionamento de buzinas por meio de testes em campo. Os testes serão feitos em diferentes condições geográficas e com diferentes modelos de buzinas usadas nas locomotivas da MRS.

4. Desenvolvimento do Protótipo: a etapa de desenvolvimento propriamente dita terá inicialmente a pesquisa das possíveis modificações técnicas mecânicas ou de software em buzinas com o intuito de reduzir impacto sonoro sem comprometer sua função de alerta. O protótipo poderá incluir buzinas direcionais, sistemas de controle de volume adaptativo e ajustes de frequência sonora.

5. Testes em laboratório 01: nesta etapa serão realizados testes laboratoriais para avaliar a qualidade dos componentes, a robustez dos sistemas

6. Testes em laboratório 02: serão necessários testes em laboratório para avaliar toda a configuração do sistema e verificar os cálculos, ponderações e dados finais com relação as normas e às análises de ruído em tempo real.

7. Testes em laboratório 03: testes em laboratório serão aplicados para verificar o sistema como um todo e verificar possíveis erros ou modificações a ser realizadas.

8. Testes em campo 01: após verificar o funcionamento do sistema nos testes em laboratório, o sistema será levado para realizar testes em campo controlados e verificar toda a parametrização do sistema e os funcionamentos

9. Ações de reprojeto 01: nesta etapa serão realizadas as modificações necessárias para melhorar a eficiência do protótipo, em função dos primeiros testes em campo

10. Testes em campo 02: verificação das modificações do sistema com testes em campo.

11. Ações de reprojeto 02: nesta etapa serão realizadas as ações para deixar o protótipo na sua versão final e funcional.

12. Testes em campo 03: testes em campo do protótipo na sua versão final.

13. Monitoramento de protótipos em campo: Será feito um acompanhamento dos protótipos instalados em campo com o intuito de verificar a sua condição técnica e robustez.

14. Transferência de conhecimentos: o final dos 36 meses do projeto de pesquisa será preparado esta e entregue o projeto detalhado do sistema à MRS, onde os principais resultados, conclusões e previsão de futuras atividades serão apresentados.

Paralelamente a todas as etapas técnicas do projeto serão desenvolvidas atividades de desenvolvimento, redação final e entrega de artigos científicos, monografias de TCC e/ou dissertações de mestrado. Da mesma forma esta etapa engloba a participação em eventos nacionais/ou internacionais de integrantes da equipe UFSC e MRS, assim como a realização de um workshop de transferência de conhecimentos entre a equipe UFSC e funcionários da MRS e outras operadoras do país, assim como funcionários de entidades reguladoras ou de controle como ANTT e IBAMA.

Em se tratando de um projeto de aplicação tecnológica, pretende-se, em um prazo de 3 anos, dividido nas suas fases acima descritas, finalizar o nível TRL 6 e alcançar o nível TRL 7.

Neste nível, será realizada uma demonstração em ambiente operacional do protótipo, onde seja demonstrada a sua capacidade operacional e funcional do sistema.



Figura 1 – Escala TRL/MRL

4. TEMPO DE EXECUÇÃO, CUSTO TOTAL E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

O projeto será desenvolvido em 36 meses, a partir da conclusão da tramitação do projeto na instituição de pesquisa e da disponibilização dos recursos iniciais previsto. O início está previsto para 01/10/2027, quando os trabalhos dos pesquisadores e IC se iniciam. Para os alunos de mestrado, a admissão nos programas de pós-graduação ocorre a partir de fevereiro/27.

O custo total deste projeto será de R\$ 1.943.654,90. (Um milhão, novecentos e quarenta e três mil, seiscentos e cinquenta e quatro reais e noventa centavos), distribuídos conforme indicado:

Ano contratual 1: R\$ 1.039.144,21

Ano contratual 2: R\$ 634.945,80

Ano contratual 3: R\$ 269.564,89

Cronograma Execução	Ano Concessão	Recurso Ano	Recurso
Ago/26 a Jul/27	5	2	R\$ 1.039.144,21
Ago/26 a Jul/27	6	2	R\$ 42.417,59

Ago/27 a Jul/28	6	3	R\$ 327.077,47
Ago/27 a Jul/28	6	4	R\$ 265.450,73
Ago/28 a Jul/29	7	7	R\$ 269.564,89

Este valor inclui a taxa de ressarcimento institucional total da UFSC de 20% sobre o valor total do projeto. Tal percentagem inclui as despesas associadas à fundação interveniente (FEESC – 10%). O valor do projeto também contempla o provisionamento da concessionária para despesas administrativas (7,37%) e reserva técnica (5%), conforme § 5º do art. 10. Da Resolução nº 6.021, de 2023 e § 4º do art. 6 da Portaria nº 17, de 06 de dezembro de 2023 respectivamente.

A concessionária fundamenta-se no exercício legítimo da prerrogativa de alocação de recursos à Reserva Técnica, em razão da complexidade e da amplitude do projeto, bem como das incertezas inerentes a fatores externos que podem impactar sua execução. Tal previsão encontra respaldo no § 4º do art. 6º da Portaria nº 17, de 6 de dezembro de 2023, com redação conferida pela Portaria nº 9, de 9 de agosto de 2024, nos seguintes termos: “A concessionária poderá prever um valor de até 5% do projeto para Reserva Técnica, com a finalidade de atender a despesas imprevistas e diretamente relacionadas à execução do projeto.”.

O documento completo com o Cronograma Físico-Financeiro é apresentado no ANEXO II, de acordo com a Portaria que rege o RDT (17, de 6/12/2023), em base anual.

O Orçamento Analítico é mostrado no ANEXO III, seguindo a mesma portaria, conforme o modelo disponibilizado na Portaria 9, de 9 de agosto de 2024, da ANTT. O Orçamento Analítico está apresentado no ANEXO III, seguindo os padrões estabelecidos pela legislação vigente aplicável ao financiamento de projetos acadêmicos e tecnológico.

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

Para viabilizar a realização deste projeto, a equipe será formada por professores e alunos do Departamento de Engenharia Mecânica e do Departamento de Engenharias da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Da mesma forma, as atividades serão desenvolvidas no **Laboratório de Vibrações e Acústica – LAV**, vinculado ao Centro Tecnológico de Joinville da UFSC. O laboratório conta com uma estrutura de última geração para o desenvolvimento de trabalhos de ensino, pesquisa e extensão nas áreas de vibrações, acústica e sistemas ferroviários. Esta infraestrutura inclui:

- Analisadores digitais e sistemas de aquisição de múltiplos canais (B&K, Pimento);
- Ampla gama de transdutores para ensaios em acústica e vibrações (acelerômetros, microfones, sensores de pressão, vibrômetros a laser, martelos de impacto, etc);
- Ampla gama de equipamentos para ensaios em acústica e vibrações (medidores de NPS, calibradores de NPS e de vibração, etc);
- Câmera Acústica;

- Diversos softwares de análise experimental (ex. BK Connect);
- Diversos softwares de simulação numérica (ex. Ansys, PreditorLima);
- Sala de experimentos.

Os testes em campo serão executados em trechos da malha ferroviária operada pela MRS definido entre a equipe UFSC e a equipe MRS.

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1. Identificação da entidade

O projeto será desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e pela operadora MRS

Os integrantes da equipe da UFSC têm desenvolvido projetos de pesquisa nas áreas aplicadas dos sistemas de transportes, especificamente em projetos voltados para a caracterização e análise do ruído ferroviário, assim como para o desenvolvimento de soluções de mitigação do ruído em ferrovias de carga. Alguns dos projetos desenvolvidos:

- Análise e desenvolvimento de revestimento polimérico para controle de ruído e vibração em trilhos (parceria com a VALE S.A)
- Pesquisa de Identificação e Aplicação de Estratégias para Controle de Ruídos Ferroviários (parceria com a VALE S.A)
- Predição do Ruído em Ambientes de Plataformas Offshore Utilizadas para Produção/Prospecção de Petróleo
- Identificação das fontes de ruído em sistemas hidráulicos e de ar-condicionado de aeronaves
- Análise de Ruído e Vibração em Tratores Utilizados para Cortar Grama
- Sistema de amortecimento com massa sintonizada para guidão de motocicletas (parceria com a Fras-le S.A)

6.2. Identificação da equipe executora

A equipe UFSC será formada por:

- Prof. Yesid Ernesto Asaff Mendoza – Coordenador do Projeto / Pesquisador em sistemas ferroviários. Engenheiro Mecânico. Prof. Associado Doutor na UFSC. 36 meses. CPF: 010725699-14. Bolsa: R\$ 5.200,00
- Prof. Thiago Antônio Fiorentin – Subcoordenador / Pesquisador especialista na área de vibração e acústica. Engenheiro Mecânico. Prof. Associado Doutor na UFSC. 36 meses. CPF: 04105321935. Bolsa: R\$ 5.200,00
- Prof. Andrea Piga Carboni – Pesquisador especialista em Projeto mecânico. Engenheiro Mecânico. Prof. Associado Doutor na UFSC. 36 meses. CPF: 010.992.449-51. Bolsa: R\$ 2.630,00

Aluno Mestrado – a definir

Aluno Graduação de Iniciação Científica 1 – a definir IC

Aluno Graduação de Iniciação Científica 2 – a definir IC

Aluno Graduação de Iniciação Científica 3 – a definir IC

Aluno Graduação de Iniciação Científica 4 – a definir IC

Aluno Graduação de Iniciação Científica 5 – a definir IC

A equipe MRS será formada por:

Eng. Bruno da Silveira Pinheiro - Gerente de Gestão Ambiental MRS Logística - Acompanhamento/Gestão. CPF: 125.826.817-50.

Eng. Pedro Ivo Ribeiro Teixeira Baptista Baptista – Especialista de Controle e Estratégias Ambientais – Ponto focal técnico. CPF: 079.057.956-16

O pagamento de bolsa para coordenador e pesquisador(es) deste projeto baseia-se no artigo 9º da Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que define:

“É facultado à ICT celebrar acordos de parceria com instituições públicas e privadas para realização de atividades conjuntas de pesquisa científica e tecnológica e de desenvolvimento de tecnologia, produto, serviço ou processo.

§ 1º O servidor, o militar, o empregado da ICT pública e o aluno de curso técnico, de graduação ou de pós-graduação envolvidos na execução das atividades previstas no caput poderão receber bolsa de estímulo à inovação diretamente da ICT a que estejam vinculados, de fundação de apoio ou de agência de fomento”

Como referência exclusivamente de valor, está sendo adotada neste projeto as modalidades DTI-A e DTI-B do CNPQ, que possui a finalidade de possibilitar o fortalecimento da equipe responsável pelo desenvolvimento de projeto de pesquisa, desenvolvimento ou inovação, por meio da incorporação de profissional qualificado para a execução de uma atividade específica.

Todos os demais membros da equipe só poderão ser selecionados a partir da aprovação do projeto pela ANTT, uma vez que a seleção não pode ocorrer sem a garantia de bolsas para os participantes. Suas funções na pesquisa foram descritas no item 3.1 deste projeto. Suas bolsas foram atribuídas conforme os valores da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, em consonância com a Portaria 17 (6 de dezembro de 2023), Artigo 32, Item III, parágrafo 3o. Os valores das bolsas estão disponíveis em:

<https://fapesp.br/valores/bolsasnopais>

Os membros adicionais da equipe são:

Aluno Mestrado 1 – a definir - Período: 24 meses. Bolsa: R\$ 3.200,00

Alunos Graduação de Iniciação Científica:

Aluno Graduação IC 1 – Período 24 meses. Bolsa R\$ 1.140,00 mês

Aluno Graduação IC 2 – Período 24 meses. Bolsa R\$ 1.140,00 mês

Aluno Graduação IC 3 – Período 24 meses. Bolsa R\$ 1.140,00 mês

Aluno Graduação IC 4 – Período 24 meses. Bolsa R\$ 1.140,00 mês

Aluno Graduação IC 5 – Período 22 meses. Bolsa R\$ 1.140,00 mês

7. PRODUTOS

A seguir, estão detalhados os produtos esperados:

7.1. Buzina Ferroviária Direcional e Adaptativa

Descrição: Sistema de buzina ferroviária (Figura 2) com tecnologia de formação de feixe acústico que concentra o som na direção da passagem de nível e reduz a dispersão lateral, equipada com controle adaptativo de volume baseado em condições ambientais. Serão entregues pelo menos 2 protótipos a ser instalados em locomotivas da MRS + um protótipo nacional de autofalante.

Vantagens: Redução do nível sonoro (em dB) em áreas residenciais adjacentes sem comprometer a audibilidade na zona crítica da passagem de nível. Ajuste automático do volume e características espectrais conforme condições ambientais.

Serventia: Permite manter o cumprimento da obrigação legal de sinalização acústica com menor impacto nas comunidades lindeiras, melhorando a qualidade de vida sem comprometer a segurança.

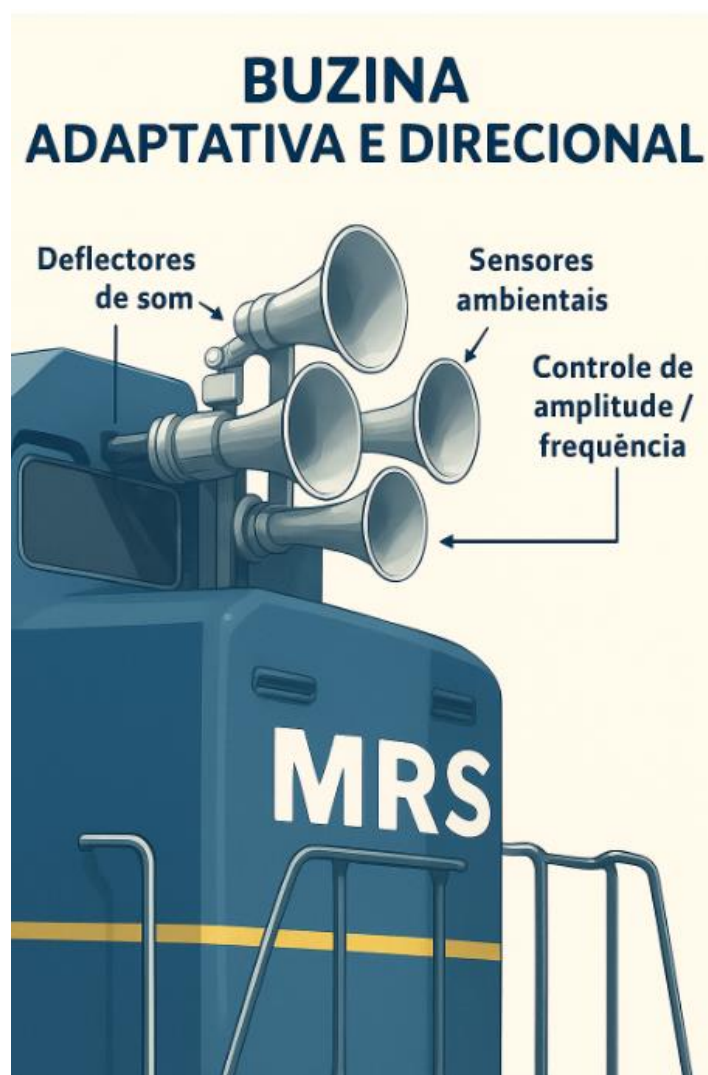


Figura 2. Sistema Integrado de Redução Acústica de Buzina e Alerta Ferroviário

7.2. Manual de Diretrizes Técnicas

Descrição: Documento técnico detalhado com especificações, procedimentos de implementação, requisitos de manutenção e estimativas de custo para implementação em escala das soluções desenvolvidas.

Vantagens: Facilita a replicação e expansão das soluções para toda a malha ferroviária,

garantindo consistência e qualidade na implementação.

Serventia: Permite que a MRS implemente as soluções desenvolvidas de forma sistemática e eficiente após a conclusão do projeto.

7.3. Relatório de Avaliação de Impacto

Descrição: Documento analítico detalhando os resultados das avaliações de impacto das soluções implementadas, incluindo medições acústicas, análise de incidentes e pesquisas de percepção comunitária.

Vantagens: Fornece evidências objetivas da eficácia das soluções desenvolvidas, fundamentando decisões sobre sua expansão e aprimoramento.

Serventia: Apoia a tomada de decisão baseada em evidências e contribui para a validação científica das soluções propostas.

7.4. Material Didático e de Capacitação

Descrição: Conjunto de materiais didáticos para capacitação de profissionais do setor ferroviário na implementação e operação das soluções desenvolvidas.

Vantagens: Facilita a transferência de conhecimento e a formação de recursos humanos especializados.

Serventia: Garante a sustentabilidade das soluções desenvolvidas através da capacitação adequada dos profissionais responsáveis por sua implementação e manutenção.

7.5. Publicações Científicas

Descrição: Artigos científicos produzidos a partir dos resultados do projeto, submetidos a periódicos nacionais e internacionais relevantes.

Vantagens: Contribui para o avanço do conhecimento científico e tecnológico no campo da engenharia ferroviária e acústica.

Serventia: Dissemina os conhecimentos gerados pelo projeto para a comunidade científica e profissional, maximizando seu impacto.

Esses produtos não apenas atendem às necessidades específicas da MRS, mas também contribuem para o avanço tecnológico do setor ferroviário brasileiro como um todo, alinhando-se perfeitamente aos objetivos da Resolução nº 6.021, de 2023.

7.6. Relatório Técnico-Regulatório

Descrição: Relatório Técnico-Regulatório para Órgãos Ambientais (IBAMA/ANTT)
- Documento com resultados experimentais, avaliação de riscos e benefícios, análise de custo-benefício e recomendações técnicas destinadas a subsidiar a revisão de condicionantes e medidas mitigadoras adotadas pelos órgãos reguladores.

Serventia: Instrumento técnico para diálogo entre a operadora, a academia e os órgãos reguladores, demonstrando caráter estratégico do projeto na formulação de políticas públicas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS

ANDERSON, D.; WHEATLEY, N. Mitigation of wheel squeal and flanging noise on

the australian rail network. Noise and vibration mitigation for rail transportation systems, Springer, p. 399–405, 2008.

ASAFF, YESID; CONRADT, AMANDA; FIORENTIN, T. A.; BRAZ, L. D. V.; SILVA, G. G. Comparison of Brazilian standards used for railway noise assessment. SAE Technical Papers, v. 36, p. 10-18, 2020.

ASAFF, YESID; FIORENTIN, T.; BRAZ, L. D. V. Noise Characterization of a Freight Railroad in Brazil. In: 12th World Congress on Railway Research, 2019, Tokyo - Japão. 12th World Congress on Railway Research, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16425: Acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes. Rio de Janeiro, 2016.

BELLINGER, W. K. The economic valuation of train horn noise: A US case study. Transportation Research Part D, v. 11, n. 4, p. 310-314, 2006.

CLAUSEN, U. et al. Reducing railway noise pollution: Study, european parliament. [S.l.], 2012. Disponível em: <[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/474533/IPOL-TRAN_ET\(2012\)474533_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/474533/IPOL-TRAN_ET(2012)474533_EN.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2022.

CONRADT, AMANDA; FIORENTIN, THIAGO ANTÔNIO; ASAFF, YESID. Análise Da Influência De Defeitos Em Rodas Ferroviárias No Ruído Emitido Por Trens De Transporte De Carga. In: Proceedings Of V Railway Engineering Symposium, 2022.

CONRADT, AMANDA; ASAFF, YESID; FIORENTIN, T. A.; Nunes, K. An Analysis of the Influence of Railway Wheels Flats on Rolling Noise Emitted by Freight Trains with GDE Wagons. In: The Fifth International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 2022, Montpellier - France, 2022.

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual. Washington, 2018. Disponível em: <https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/research-innovation/118131/transit-noise-and-vibration-impact-assessment-manual-fta-report-no-0123_0.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

FIORENTIN, T.; BRAZ, L. D. V.; ASAFF, YESID. Squeal noise analysis in a freight

railway. SAE Technical Papers, v. 36, p. 0065-73, 2020.

FIORENTIN, T. A.; BRAZ, L. D. V.; ASAFF, Y. E. Squeal noise analysis in a freight railway. SAE Technical Papers, v. 36, p. 0064-72, 2020.

FIORENTIN, T. A.; BRAZ, L. D. V.; ASAFF MENDOZA, Y. E. Squeal noise analysis in a freight railway. In: SAE INTERNATIONAL. SAE Technical Paper Series. São Paulo, 2021.

FIORENTIN, T.; ASAFF, Y. E.; BRAZ, L. D. V.; CONRADT, A.; GORNIACK, G.; ROCHA, I. C. Comparação Das Normas Utilizadas Para Avaliação Do Ruído Ferroviário No Brasil. In: 16º Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2019, Poço de Caldas - MG, 2019.

FIORENTIN, T.; BRAZ, L. D. V.; ASAFF, YESID. Análise Acústica De Uma Ferrovia De Carga No Brasil. In: 25ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA, 2019.

THOMPSON, D. Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control. Amsterdam: Elsevier Science, 2009.

THOMPSON, D.; JONES, C. A review of the modelling of wheel/rail noise generation. Journal of sound and vibration, Elsevier, v. 231, n. 3, p. 519–536, 2000.

THOMPSON, D. et al. A tuned damping device for reducing noise from railway track. Applied acoustics, Elsevier, v. 68, n. 1, p. 43–57, 2007.

9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO

Deverão ser apensados os anexos listados a seguir, e outros que se fizerem necessários:

- I – Resumo do Plano de Trabalho;
- II - Cronograma físico-financeiro do projeto;
- III - Orçamento analítico previsto;
- IV - Orçamentos Comerciais;
- V - Lista de bens, produtos e estudos com previsão de transferência;
- VI - Declaração de observância;
- VII - Currículo dos coordenadores em formato.