

NORMA AMBIENTAL VALEC Nº 23/2010

CONTROLE E MONITORAMENTO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES NAS FASES DE INSTALAÇÃO E DE OPERAÇÃO E EM RECEPTORES CRÍTICOS

SUMÁRIO

1. MOTIVAÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. ASPECTOS LEGAIS	3
3.1. Definições Aplicáveis.....	3
3.2. Normas Associadas.....	4
3.3. Resoluções Conama	4
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	5
4.1. Orientação	5
4.2. Metas.....	5
5. MÉTODOS E RECURSOS	8
5.1. Atividades de Redução na Construção.....	8
5.2. Atividades de Redução na Operação.....	10
5.3. Monitoramento.....	13
5.4. Equipamento Básico.....	17
6. PERÍODO DE VALIDADE E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	17
7. ÓRGÃOS INTERVENIENTES.....	17
8. ORÇAMENTO E FONTE DE RECURSOS.....	18
9. REFERÊNCIAS.....	19
10. ANEXO	19

1. MOTIVAÇÃO

- 1. Há um número importante de fatores geradores de ruído e de vibrações nas atividades da construção pesada que dão razão às queixas da comunidade para os problemas deles derivados. Alguns dos mais importantes destes fatores são:*

- Locais onde predominam construções residenciais, por serem de baixa atividade, tem ruído de fundo muito baixo. Os trabalhos relativos a construção aparecem nestes locais como uma intrusão ou uma invasão, fazendo com que a movimentação necessária a esta atividade torne-se indesejável, pois, além de causarem poeiras, deslocamento de veículos pesados, restrições ao acesso, trazem o problema do ruído à tona.
 - As atividades de construção pesada acontecem ao "ar livre" ou ambiente aberto. A construção por si mesma não proporciona condições de isolamento sonoro, a não ser em casos muito especiais.
 - O planejamento e o zoneamento para separar (ou isolar) o ruído das áreas de sensibilidade pode não resultar em sucesso, devido ao tempo de duração da obra.
 - A emissão de ruído varia grandemente durante o dia, com grandes níveis para curtos períodos de tempo. Acrescentando que o ruído impulsivo que é particularmente incômodo, formam proporcionalmente uma grande parte da emissão de ruído nos sítios de construção.
 - O ruído surge de um grande número de diferentes processos que variam grandemente na intensidade e características devido as diversas etapas vividas durante o período de construção.
 - Todo o processo de construção é transitório por natureza. Virtualmente tudo que se faça ainda permanecerá em constante estado de mudanças por muito esforço que se dedique. É extremamente difícil controlar o ruído neste caso, exigindo vigilância constante.
- II. Uma das características mais importantes dos ruídos e vibrações na construção civil é a alta proporção do ruído impulsivo presente nesta atividade. Isto ocorre através de processos diferentes como: passagem de caminhões e máquinas bate-estacas, atividades que utilizam cabos para elevar materiais, impacto devido a lascamentos, processos de perfurações e retirada de entulhos, processos percussivos, alguns explosivos e empilhamentos. Todos esses itens proporcionam alto nível de ruído impulsivo que é uma causa potencial de reclamações públicas, pois causa perdas auditivas temporárias. Por exemplo, a técnica de realizar fundações com uso de bate-estacas envolve um impacto de grandes massas, capaz de causar perdas auditivas num raio de até 100 metros e tem sido conhecido como o grande gerador de queixas de áreas residenciais de até 2km de distância.
- III. O conjunto de atividades geradoras de ruídos envolve o movimento de veículos leves e pesados, máquinas pesadas de corte e de perfuração, a produção de materiais de construção, a fabricação de pré-moldados, a carga, o transporte e a descarga dos mais diversos materiais e assim por diante. As atividades necessárias às construções envolvem também as oficinas de máquinas pesadas, onde é feita a manutenção e o conserto na própria região da construção.
- IV. Mesmo considerando que as ferrovias projetadas pela VALEC priorizem sempre as áreas rurais evitando a interferência com áreas urbanas, elas trazem preocupação quanto às emissões de ruídos que, se não tratados

com os cuidados necessários, poderão causar danos ao meio ambiente e à população dentro da área de influência direta do empreendimento.

- v. Os componentes foram elaborados na forma de Norma Ambiental, que fará parte dos contratos de projeto, construção, supervisão de obras e operação ferroviária, tornando a sua operacionalização obrigatória por todas as instituições envolvidas. O número 23 atribuído à Norma é aquele usado internamente pela VALEC, visando facilitar a comunicação.

2. OBJETIVO

- vi. Esta Norma tem como objetivo orientar as ações que devem ser realizadas para controlar a emissão de ruídos e de vibrações pelas atividades de construção das Ferrovias cujas concessões são de responsabilidade da VALEC e, assim, reduzir ao máximo os efeitos negativos sobre os moradores rurais, as comunidades lindeiras e sobre a fauna, seja a silvestre, sejam as criações mantidas nas propriedades rurais vizinhas do empreendimento. .

3. ASPECTOS LEGAIS

3.1. Definições Aplicáveis

- vii. **Ruído ambiente:** ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto de todas as fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.
- viii. **Ruído particular:** componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a determinada fonte sonora.
- ix. **Ruído residual:** ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma situação determinada.
- x. **Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado:** valor do nível de pressão sonora ponderado. A de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído cujo nível varia em função do tempo.
- xi. **Nível de avaliação:** nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante o intervalo de tempo T, adicionado das correções devidas às características tonais e impulsivas do som, de acordo com a seguinte fórmula:

$$L_{A,r,T} = L_{Aeq,T} + K1 + K2$$

onde

K1 é a correção tonal

K2 é a correção impulsiva

- xii. **Ruído impulsivo:** ruído com um ou mais impulsos de energia sonora cuja duração é inferior a 1 s e separados por intervalos de tempo superiores a 0,2 s.
- xiii. **Vibração:** é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular,

quando não segue nenhum movimento determinado, como no sacolejar de um carro andando em uma estrada de terra (IIDA).

3.2. Normas Associadas

- xiv. Esta Norma é complementada pela NAVA 01/2010, que trata da Qualidade Ambiental da Construção.
- xv. Utiliza-se como base a Norma Brasileira **NBR 10151** - "Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento", como norma de referência.
- xvi. Para estabelecer os níveis de aceleração – medidos em decibéis – é usada a Norma **ISO R 1683**.
- xvii. NR-15 / MPS – atividades e operações insalubres - Anexo 8 – Vibrações
- xviii. ISO 5349:1986 - Vibrações transmitidas à mão
- xix. ISO 5349-1:2001 - Vibrações transmitidas à mão
- xx. ISO 5349-2:2001 - Vibrações transmitidas à mão
- xxi. ISO 2631-1:1985 - Vibrações para o corpo inteiro
- xxii. ISO 2631-1:1997 - Vibrações para o corpo inteiro
- xxiii. Resolução 237/97, Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.

3.3. Resoluções Conama

- xxiv. Resolução CONAMA: Nº 001, Ano:1990 - "Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais" Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU: 02/04/1990.
- xxv. **Resolução CONAMA: Nº 002**, Ano:1990 - "Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - SILÊNCIO" (Estabelece normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população) Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU: 02/04/1990]
- xxvi. Resolução CONAMA: Nº 008, Ano:1993 - "Complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados" (Estabelece a compatibilização dos cronogramas de implantação dos limites de emissão dos gases de escapamento com os de ruído dos veículos pesados no ciclo Diesel, estabelecidos na Resolução CONAMA nº 1/93) Data da legislação: 31/08/1993 - Publicação DOU: 31/12/1993
- xxvii. Resolução CONAMA: Nº 017, Ano:1995 - "Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados" Data da legislação: 13/12/1995 - Publicação DOU: 29/12/1995

xxviii. Resolução CONAMA: Nº 272, de 14 de Setembro de 2000 - Essa resolução regulamenta a emissão de ruídos de veículos automotores.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Orientação

xxix. Para a consecução do Programa será necessário a aplicação efetiva de Normas Ambientais, ficando a construtora contratada para a execução da obra como responsável principal de seguir todas as Especificações aqui determinadas.

4.2. Metas

4.2.1. Metas em Relação aos Ruídos

xxx. Conforme a NBR 10.151, os limites de horário para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades, de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 horas e não deve terminar antes das 7 horas do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9 horas.

xxxi. A Tabela 1 foi construída com base na norma de referência (NBR 10.151) e indica os níveis de ruído que servirão como critério de avaliação, ou seja, o nível máximo recomendado para cada tipo de área habitada.

xxxii. A meta a ser atingida é a de não superar, em qualquer caso, os limites máximos registrados na Tabela 1.

TABELA 1 - NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO NCA PARA AMBIENTES EXTERNOS, EM DB (A)

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominante industrial	70	60

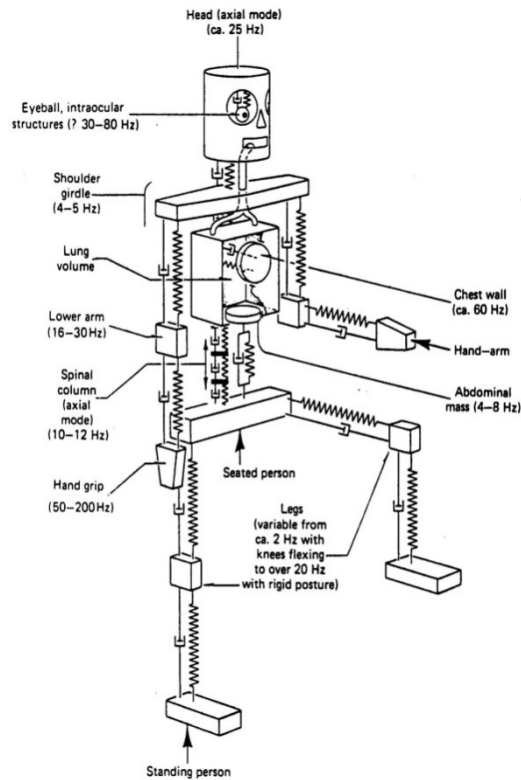
4.2.2. Metas em Relação às Vibrações

xxxiii. No passado, até poucos anos atrás, a avaliação de vibração no corpo humano era pouco realizada, visto que normalmente quando se está num ambiente com vibrações elevadas, o nível de pressão sonora é bastante elevado e a avaliação da atividade por meio da dosimetria de ruído já caracterizava a atividade como insalubre.

- XXXIV.** Com as recentes mudanças nas leis, a necessidade de medição da vibração vem aumentando, pois caso haja um laudo com respaldo de médicos ou engenheiros de segurança comprovando a eficácia das medidas de controle coletivo ou individual para o ruído ocupacional neutralizando a exposição e conseqüentemente a insalubridade, **fica a pergunta: e a exposição à vibração?** Como não havia medição da vibração não houve acompanhamento dos trabalhadores que passaram a apresentar doenças sem saber das causas. Exemplo: operadores de empilhadeiras que apresentaram problemas de coluna e foram desviados para outras funções, sem receber nenhum benefício, pois não se estabelecia nexo causal com a atividade executada.
- XXXV.** Recentemente, através das instruções normativas 99 e 100 de 2004, o MPS¹, através do INSS² vem exigindo das empresas laudos ambientais das condições de trabalho nas atividades onde pode ocorrer exposição a vibrações.
- XXXVI.** As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, são caracterizadas como insalubres, depois de constatada através de perícia realizada no local de trabalho
- XXXVII.** Um corpo é dito em vibração quando ele descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto de referência. O número de vezes de um ciclo completo de um movimento durante um período de um segundo é chamado de frequência e é medido em Hertz [Hz]. (FERNANDES).
- XXXVIII.** O movimento pode consistir de um simples componente ocorrendo em uma única frequência, como um diapasão, ou muitos componentes ocorrendo em diferentes frequências simultaneamente, como por exemplo, com o movimento de um pistão de um motor de combustão interna. Na prática, os sinais de vibração consistem em muitas frequências ocorrendo simultaneamente, dificultando a observação num gráfico amplitude X tempo.
- XXXIX.** O mais importante dos sinais de vibração é o estudo dos componentes individuais da frequência que é chamado de análise de frequência, uma técnica que pode ser considerada a principal ferramenta de trabalho nos diagnósticos de medida de vibração.
- XL.** O gráfico mostrando o nível de vibração em função da frequência é chamado de espectrograma de frequência. Com a análise de frequência, é possível descobrir as fontes de vibração na máquina.
- XLI.** O parâmetro utilizado na determinação da vibração é a aceleração, medida em **m/s²**.
- XLII.** Efeitos da vibração no homem

¹ Ministério da Previdência Social

² Instituto Nacional do Seguro Social



- Os efeitos da vibração no homem dependem, entre outros aspectos, das frequências que compõem a vibração.
- As baixas frequências são as mais prejudiciais – de um até 80-100 hz. Nessas faixas de frequência ocorre a ressonância das partes do corpo humano, que pode ser considerado como um sistema mecânico complexo (ver figura).
- Acima de 100 hz, as partes do corpo absorvem a vibração, não ocorrendo ressonância.

XLIII. Sintomas principais relacionados com a frequência das vibrações

SINTOMAS	FREQÜÊNCIA(Hz)
Sensação geral de desconforto	4-9
Sintomas na cabeça	13-20
Maxilar	6-8
Influência na linguagem	13-20
Garganta	12-19
Dor no peito	5-7
Dor abdominal	4-10
Desejo de urinar	10-18
Aumento do tônus muscular	13-20
Influência nos movimentos respiratórios	4-8
Contrações musculares	4-9

XLIV. Vibrações de corpo inteiro - Efeitos em grupos expostos a condições severas:

- Problemas na região dorsal e lombar
- Gastrointestinais
- Sistema reprodutivo
- Desordens no sistema visual
- Problemas nos discos intervertebrais
- Degenerações da coluna vertebral

XLV. Vibrações superiores a 10 m/s² são preocupantes. Valores da ordem de 100 m/s² podem causar sangramentos internos.

XLVI. Aspectos gerais da NORMA ISO 2631/1:1985

- Faixa de frequência: 1 a 80 hz.
- Tipos de limite:
 - - preservação do conforto
 - - preservação da eficiência
 - - preservação da saúde e da segurança
- Sistema de coordenadas triortogonal com centro no coração
- Limites distintos para os eixos z, x, y
- Região de maior sensibilidade para o eixo z – 4 a 8 hz.
- Região de maior sensibilidade para os eixos x, y – 1 a 2 hz.
- Aceleração medida em m/s².
- Os limites de exposição correspondem aproximadamente à metade do limiar de dor ou tolerância voluntária de pacientes saudáveis através de pesquisas realizadas em laboratório para pessoas do sexo masculino.
- Os limites se referem ao ponto de entrada da energia no corpo humano, sendo que as medições deverão ser feitas o mais próximo possível de tal ponto ou área.

5. MÉTODOS E RECURSOS

5.1. Atividades de Redução na Construção

XLVII. Solução para vários problemas de ruído associado com construção são fundamentais devido às operações serem ao ar livre e o contínuo movimento ao longo do canteiro de obras (sítio de construção).

XLVIII. A redução na fonte é, entretanto, de máxima importância para obter índices razoáveis de decréscimos nos níveis de ruídos emitidos. Isto se aplica tanto para a circulação de máquinas e equipamentos, como para as instalações de compressores e geradores, pois estes produzem, em curtos intervalos de tempo, alta intensidade de ruído. Alguns processos como bate-estacas e compactação de terreno também geram altos níveis de vibrações que podem manifestar-se como ruído considerável em construção. Deve cuidar-se para que não ultrapassem níveis aceitáveis e para que não causem estragos nas propriedades, embora esta segunda possibilidade seja rara de acontecer.

XLIX. Algumas fontes de ruído podem frequentemente serem reduzidas através da substituição de máquinas por processos que diminuem a

intensidade da radiação sonora, por exemplo, utilizando concreto hidráulico ao invés de perfuração pneumática ou aplicação de alta tração através de parafusos em lugar de rebite. A tendência é sempre buscar meios hidráulicos para substituir técnicas antigas.

L. Relação de origens prováveis de vibração para correção (relação não esgotada)

- Barulhos produzidos por motores diesel
- Vibrações de barras
- Vibrações das carrocerias
- Vibrações originadas nas correias (correia desalinhada)
- Vibrações originadas por defeitos dos pavimentos e caminhos de serviço
- Acoplamento inadequado
- Polias excêntricas
- Ressonância da correia
- Vibrações de origem elétrica
- Transformadores
- Rotor excêntrico
- Barras do rotor rompidas
- Capas soltas
- Vibrações devidas a desbalanceamentos
- Vibrações pelos desalinhamentos de eixos, polias, folgas mecânicas
- Vibrações devido aos sistemas de engrenagens
- Erro de transmissão
- Dentes com acabamento inadequado
- Desbalanceamento
- Vibrações em mancais e rolamentos
- Sobrecarga
- Desbalanceamento
- Variações bruscas de temperaturas
- Lubrificação inadequada e deficiente
- Erro de projeto
- Desgaste pelo uso
- Instalação inadequada
- Ajustes provisórios que se tornam definitivos
- Estrutura desalinhada
- Montagem inadequada
- Vibrações de origem aerodinâmica
 - Ventiladores
 - Exaustores
 - Vibrações originadas pelo atrito
 - Vibrações originadas pelo processo
 - Bombas e dispositivos que movimentam líquidos

LI. Temporariamente, o enclausuramento das fontes de ruído num canteiro de obra poderá até diminuir o ruído para níveis aceitáveis, o problema é que os ocupantes deste canteiro, ao permanecerem enclausurados junto às fontes, terão problemas maiores do que os já presentes. Quando possível,

as áreas enclausuradas devem receber tratamento com espumas acústicas a base de poliuretano poliéter e com característica autoextinguível ao fogo, sendo indicado para todos os ambientes que necessitem conforto acústico e redução da reverberação interna.

- LII. As máquinas e os veículos podem frequentemente serem tratados com maior eficiência através de silenciadores que podem reduzir a radiação sonora nas emissões de até 20dB em alguns casos.
- LIII. Os motores e geradores de usinas de concreto podem ter os ruídos por inserção de Atenuadores de Ruídos, que permitem a livre passagem do ar, retendo, entretanto, o ruído externo. Os atenuadores de ruído são dimensionados, em relação ao equipamento que o receberá, é analisada a pressão de trabalho, perda de carga admissível, velocidade do fluxo, temperatura, vazão, peso e ambiente onde será instalado. Os atenuadores podem ter a forma cilíndrica, quadrada e retangular, dependendo do equipamento que os receberão, sendo a carcaça executada em chapa de aço, revestida internamente com absorvente acústico, podendo ser do tipo lamelar, com miolo absorvente ou labirinto. O Absorvente acústico utilizado é a lã mineral protegida com filme plástico, véu de vidro ou tecido anti-chama e podendo receber proteção mecânica com chapa de aço expandida ou chapa perfurada, dependendo do tipo da agressão que o atenuador receberá. Estes atenuadores são largamente utilizados na sucção e descarga de ventiladores, grupos geradores, tubulações variadas, dutos de ar condicionado, descarga de válvulas de alívio de equipamentos pressurizados, descarga de gases de combustão de motores e turbinas e uma infinidade de outros equipamentos que necessitem de passagem de ar, porém, sem ruído.

5.2. Atividades de Redução na Operação

- LIV. O controle das emissões sonoras tem soluções indicadas nesta Norma, mas sua aplicação (projeto executivo) dependerá da locação definitiva da ferrovia, da posição relativa dos bens a proteger (naturais, particulares, públicos) e dos limites de poluição que podem ser impostos caso a caso, e assim deverão ser aplicadas soluções como as barreiras sonoras metálicas, em concreto ou acrílicas e anteparos naturais (barreira vegetal).
- LV. A presente Norma aborda os principais critérios para a escolha dos materiais constituintes das barreiras acústicas, nomeadamente os aspectos que condicionam a aplicação de materiais refletores e absorventes. Neste âmbito serão apresentados alguns tipos de painéis refletores e absorventes e suas características técnicas, ilustrando as diferentes soluções existentes e sua implementação face à finalidade a que se destinam.
- LVI. São preconizadas barreiras absorventes sempre que existam edificações do lado oposto ao da instalação da barreira, ou quando são colocadas barreiras dos dois lados da via, ou ainda, quando existe um talude do lado oposto. Isto se deve à necessidade de eliminar o nível sonoro produzido pela fonte imagem, porque na situação de uma fonte sonora frente a uma

barreira refletora, verificar-se-á, num receptor situado no lado oposto da via onde está a barreira, um nível sonoro resultante da fonte real adicionado ao da fonte imagem.

LVII. O tipo de material depende do local onde vai ser instalada a barreira acústica, por exemplo, uma barreira sobre um viaduto deverá ser num material leve devido às cargas consideradas no cálculo da estrutura.

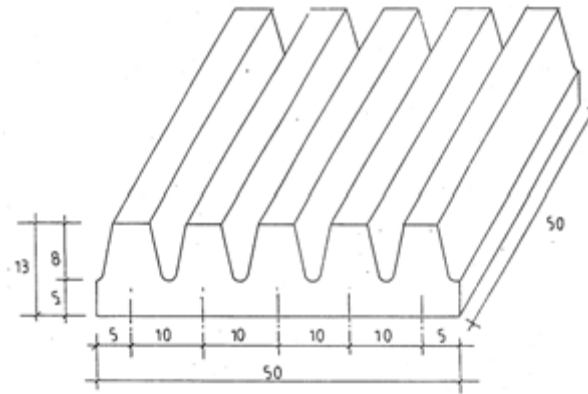
LVIII. Painéis Absorventes. Os painéis acústicos absorventes podem ser de diversos materiais, nomeadamente metálicos ou de concreto. Os painéis metálicos são os mais utilizados pelo seu custo menor e facilidade de montagem, enquanto os de concreto tendo uma maior resistência e melhores qualidades acústicas são mais onerosos e, portanto, menos utilizados.

LIX. Os painéis acústicos metálicos são constituídos por caixões em chapa de aço galvanizado ou alumínio. As suas dimensões são 300x3960x110 mm e o seu peso é de 28 kg/m². Os painéis metálicos absorventes são elementos ativos de insonorização acústica. São compostos por caixões de aço galvanizado que, ao conter no seu interior lã mineral (ou lã de vidro), permite exercer tanto a função de absorver como a de isolar do ruído.



Painéis Metálicos – Lisboa, Portugal

LX. As placas de concreto BBS tipo Carbon Blanc têm 50x50x13 cm, tendo a configuração apresentada no desenho adiante. Seu peso é de 90 kg/m².



Placa de Concreto BBS tipo Carbon Blanc

LXI. As placas de concreto podem ser aplicadas diretamente sobre um muro existente ou podem ser aplicadas num painel de concreto armado autoportante. O concreto apresenta grande resistência, como por exemplo, ao fogo, a gradientes térmicos, grandes diferenças de potencial elétrico, agressões biológicas e a atos de vandalismo, e além disso, a sua manutenção é quase inexistente. A sua durabilidade é comprovada pelas primeiras Barreiras instaladas em 1977 na Suíça, que ainda hoje conservam as suas características iniciais.



Placas de concreto BBS aplicadas diretamente sobre muro

LXII. Painéis Refletores. Dos diversos materiais refletores passíveis de serem utilizados como barreiras acústicas, os mais utilizados são os painéis em acrílico e em concreto. As barreiras refletoras constituirão um obstáculo à transmissão das ondas sonoras por refração, desde que a sua densidade se

traduza por uma massa superior a 30 Kg/m². Adotando-se, em média, para as barreiras em concreto uma espessura de 10 cm, o seu peso será de 300 Kg/m², muito superior ao valor mínimo, pelo que se assegura a reflexão da onda e impede a transmissão.

- LXIII. Os painéis de concreto armado** são autoportantes por questão de colocação e resistência e permitem qualquer tipo de acabamento, nomeadamente imitação de pedra e estriados vários numa gama de cores significativa.
- LXIV. As barreiras acústicas em acrílico** são a solução ideal quando se pretende assegurar a transparência, permitindo reduzir consideravelmente os ruídos provocados pelo tráfego viário e ferroviário, bem como ruídos externos às redes de transportes, mas que perturbam as populações. O acrílico é um material termoplástico, rígido e transparente. Incolor e de excelente limpidez por natureza, podendo ser matizado numa ampla gama de cores. A sua transmissão luminosa é elevada.
- LXV.** A instalação de barreiras acústicas deverá obedecer sempre a um projeto estrutural de fundações e pilares, elaborado tendo em conta o tipo de painéis e o local onde a barreira será implantada. Não deverão ficar espaços ou frestas entre os painéis e os montantes de suporte ou entre os painéis e o solo, devendo, por isso, ser construído um lintel, onde se assentam os painéis, que deverá estar pelo menos 15 cm enterrado de forma a garantir a estanqueidade acústica da barreira.



Barreira Acústica de Acrílico- Linha Vermelha, RJ

5.3. Monitoramento

LXVI. O monitoramento dos canteiros de obras ferroviárias é complicado devido a vários fatores que contribuem ao longo do desenvolvimento da obra:

- A obra é linear e muito extensa, o que proporciona a possibilidades de deslocamentos muito grandes dos equipamentos, veículos e máquinas, e, portanto, da geração do ruído.
- Os níveis flutuam amplamente durante o dia e com muito mais intensidade os ruídos para curtos períodos de duração. Portanto, as medidas de tempo devem ser longas o suficiente para serem

representativas. isto pode resultar em um longo tempo de monitoramento devido alguns processos ocorrerem sem muita frequência.

- Ruído impulsivo pode ser dominado em apenas alguns tipos de canteiros, podendo ser avaliados separadamente.
- Os níveis variam significativamente para diferentes pontos em torno do canteiro em diferentes tempos dependendo da natureza da operação.
- Se o canteiro está situado próximo a vias ou autoestradas, outras ferrovias, aeroportos ou outras fontes de ruído, o ruído ambiental pode ser alto o suficiente para interferir nas medições.

LXVII. Procedimento de Monitoramento dos Níveis de Ruídos e de Vibrações

- **Objetivo:** avaliar, em ambientes abertos, os níveis de pressão sonora, gerados pelas atividades de construção ferroviária, para possibilitar análise quanto a impactos externos.
- **Documentos de Referência:**
 - NBR-10151 (ABNT) Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade;
 - NBR-10152 (ABNT) Níveis de ruído para conforto acústico;
 - Norma **ISO R 1683**, usada para estabelecer os níveis de aceleração – medidos em decibéis.
- **Responsáveis pela execução:** Técnicos de SMS³ empreiteira contratada.
- As medições devem ser efetuadas com um sonômetro integrador da classe de precisão 1, referencialmente, a marca e modelo do equipamento deve estar homologada pelo IPEM. É obrigatório que o sonômetro seja sujeito a um controle metrológico anual. Antes e depois de uma sessão de medições acústicas, o aparelho deve ser calibrado.
- O transdutor universalmente usado na captação de uma vibração é o **acelerômetro piezoelétrico**. Os acelerômetros piezoelétricos são altos geradores de sinal, não necessitando de fonte de potência. Além disso, não possuem partes móveis e geram um sinal proporcional à **aceleração**, que pode ser integrado, obtendo-se a velocidade e o deslocamento do sinal. A essência de um acelerômetro piezoelétrico é o material piezoelétrico, usualmente uma cerâmica ferroelétrica artificialmente polarizada. Quando ela é mecanicamente tensionada, proporcionalmente à força aplicada, gera uma carga elétrica que polariza suas faces.
- **Equipamentos:**
 - Medidor de Nível de Pressão Sonora;
 - Calibrador acústico;
 - Acelerômetro.
- **Etapas de Execução:**
- **Diurno:** medições às 9:00h e às 16:00h
- **Em casos de trabalho noturno:** às 02:00h, às 05:00h e às 20:00h ou quando da solicitação de avaliação por moradores afetados. 4

³ SMS: Saúde, Meio Ambiente e Segurança

- **Preparação do Equipamento:**
 - Verificar a condição da bateria do Medidor de Pressão Sonora e do Acelerômetro;
 - Colocar o seletor do medidor na função "Slow", assim o equipamento estará operando em resposta lenta;
 - Ajustar o medidor para a curva de ponderação em "A";
 - Efetuar a aferição do equipamento, conforme segue:
 - Introduzir o microfone do medidor no calibrador;
 - Ligar o calibrador, por um período de 60 segundos;
 - O aparelho deverá indicar o nível de pressão sonora pré-ajustado do calibrador acústico, com uma tolerância de, + ou - 0,5 dB;
 - Caso o equipamento esteja fora desta faixa, substitua-o.
- **Coleta de Informações**
 - Obter as informações operacionais, relevantes e/ou não habituais, registrando-as na planilha de campo. Ex.: Unidades paradas, unidades em processo de partida ou parada,
 - Obter através da estação meteorológica ou mediante indicador de direção do vento em equipamento portátil, a direção e velocidade do vento, registrando-as na planilha de campo.
- **Avaliação**
 - Dirigir-se ao ponto/local de avaliação;
 - Afastar-se de zonas refletoras de ruído, tais como: paredes, veículos, árvores, etc.;
 - Ajustar o equipamento para efetuar a avaliação, mantendo-o em curva de ponderação "A" e em curva de resposta "Slow";
 - Direcionar o microfone do aparelho para a área geradora de ruídos;
 - Manter o decibelímetro na altura do rosto, empunhando-o com o braço estendido;
 - Avaliar o nível de pressão sonora, por um período de aproximadamente 60 segundos, e registrar o maior valor na planilha de campo (descarte das avaliações, ruídos temporários provenientes de veículos ou outros interferentes);
 - Caso perceba algum ruído vindo da área externa da faixa de domínio, direcione o aparelho na direção da origem deste e repita as ações descritas anteriores registrando na planilha de campo os níveis constatados, as observações verificadas e, se possível, o tipo de ruído avaliado (ex.: motor, despressurização de equipamentos, etc.);
 - Desligue o aparelho;
 - Certifique-se que a planilha de campo está corretamente preenchida.

⁴ A avaliação não deverá ser realizada, durante a ocorrência de chuva ou ventos que possam interferir na avaliação. Em caso de dúvida em relação a ventos, a avaliação deverá ser realizada e o fato registrado como observação, na planilha de campo.

LXVIII. Ações

• **Antecipação**

- Aquisição de equipamentos, ferramentas e acessórios novos – especificação do produto – avaliar possibilidades de escolha
- Seleção de produtos que produzem ruídos e/ou vibração mais baixos
- Adequação da ferramenta à tarefa – selecionar os equipamentos mais adequados
- Tarefas ou processos de trabalho novos
- Implantação de procedimentos de manutenção voltados à redução dos níveis de vibração.

• **Reconhecimento**

- Determinação do número de trabalhadores expostos
- Descrição das atividades executadas
- Determinação dos tempos e características de exposição para cada situação encontrada, pausas e tempo de exposição diário total
- Determinação do tipo, classificação e características dos equipamentos utilizados pelos operadores.

• **Avaliação**

- Determinação do nível de vibração para caracterização da exposição e adoção de medidas preventivas e controle
- Monitoramento – avaliação sistemática e repetitiva
- Obtenção de parâmetros para avaliação da extensão e gravidade do problema
- Priorização de ações de controle (engenharia, administrativo e médico) e verificação da eficiência das medidas adotadas.
- Após o término de cada avaliação, o resultado deve ser registrado no diário da obra;
- Controle de Turnos. Caso seja constatado, em alguma avaliação, ruído acima dos limites especificados a gerência operacional da construtora deverá tomar providências para que seja verificado se há alguma ocorrência que justifique tal fato e para que sejam tomadas medidas no sentido de reduzir o ruído para valores abaixo dos estabelecidos para limite de ação. Neste caso deverá ser feita nova avaliação, após as ações para redução do ruído. As providências adotadas gerência da obra deverão ser registradas como observação no diário da obra.
- Nas avaliações realizadas entre às 06:01h e às 19:59h, o nível de ruído para limite de ação é de 68 dB.
- Nas avaliações realizadas entre às 20:00h e às 06:00h, o nível de ruído para limite de ação é de 58 dB.
- Caso as ações desencadeadas pela gerência da construtora, em função da constatação de ruído acima dos limites estabelecidos, não identificarem fontes de ruído que justifiquem tal fato, deverá ser realizada uma pesquisa na área, visando identificar possíveis fontes anormais de ruído. A realização desta pesquisa, bem como seu resultado, deverão ser comunicados à VALEC, para que sejam

tomadas as providências cabíveis. Também esta comunicação deve ser registrada no diário da obra.

5.4. Equipamento Básico

		
<p>Decibelímetro - Medidor de Nível de Pressão Sonora Digital</p>		<p>Calibrador para decibelímetros</p>
		
<p>Termo-higro anemômetro digital</p>	<p>Termo-Higro-Decibelímetro</p>	<p>Acelerômetro Digital</p>

6. PERÍODO DE VALIDADE E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

LXIX. Esta Norma será aplicada durante todo o período das obras das FERROVIAS cujas concessões são de responsabilidade da VALEC, sendo encerrada a sua aplicação somente após estarem concluídas também todas as recuperações de áreas degradadas, inclusive aquelas ocupadas pelas empreiteiras, quando for o caso. Voltará a ser aplicada no período de operação da Ferrovia sempre que forem contratados serviços de conservação, de restauração e/ou de ampliação da estrada ou de suas instalações de apoio. Os serviços de Gestão dos Ruídos E Vibrações relacionados com a operação ferroviária e com o transporte propriamente dito não estão incluídos nesta Norma.

7. ÓRGÃOS INTERVENIENTES

LXX. A **VALEC** é o empreendedor e responsável pela execução das obras atendendo a presente Norma. É o órgão contratante e principal fiscal da aplicação/realização dos Programas. A VALEC poderá contratar

consultores para serviços especializados e de apoio, visando à boa execução de seus Programas Ambientais.

LXXI. IBAMA e Órgãos de Licenciamento Ambiental Estaduais: o IBAMA e os organismos estaduais de licenciamento ambiental são os responsáveis pelas atividades de licenciamento, conforme definidas pela Resolução 237/97, e pela fiscalização do atendimento tempestivo, quantitativo e qualitativo das condições estabelecidas nas licenças concedidas.

8. ORÇAMENTO E FONTE DE RECURSOS

LXXII. Os custos deste Programa, durante a etapa de construção, estarão incluídos nos orçamentos anuais das obras a serem contratadas. A demanda de recursos estimado para **uma campanha** está representado a seguir, em folha de orçamento.

item	Descrição	Nível	Quant.	Valor Unitário R\$	Valor total R\$
A	Equipe Técnica				
	Eng. Chefe	P1	0,25		
	Eng. Médio	P2	0,25		
	Técnico Senior	T0	0,25		
	Aux. de campo	T3	0,25		
	Motorista	A3	0,25		
	Total A				
B	Encargos Sociais				
	B=88,71% de A				
C	Custos Administrativos				
	C=40% de A				
D	Viagens Aéreas		3		
E	Diárias	Nível Superior	12		
		Nível Médio	18		
F	Veículo 4x4		0,25		
G	Equipamentos de Medição		1		
H	Remuneração da Empresa				
	(12% sobre A+B+C+D+E+F+G)				
I	Despesas Fiscais				
	(16,62% sobre A+B+C+D+E+F+G+H)				
	TOTAL para uma campanha mensal, por lote de obras				
	(com duração de uma semana)				

9. REFERÊNCIAS

- BARRETO, Ana Filipa - *Barreiras Acústicas: A Escolha dos Materiais e sua Instalação*, paper ID: 120 /p.1, Acústica 2004, Guimarães - Portugal
- BELLIA, Vitor et. al. : *Introdução à Gestão Ambiental de Estradas – Coleção Disseminar – IME-DNIT, 2005*
- BELLIA, Vitor; BIDONE, Edson D. *Rodovias, recursos naturais e meio ambiente*. Niterói: EdUFF; Brasília: DNER, 1993.
- BRASIL. DNIT. *Manual para atividades ambientais rodoviárias*. Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. DNIT/IPR. *Instruções de proteção ambiental das faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. DNIT/IPR. *Manual para ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL/DNIT. *Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço*. – Rio de Janeiro, 2006.
- CONSELHO GESTOR DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAL DO CAPIVARI-MONOS - *Pátio de cruzamento ferroviário - Represa Billings - Relatório e parecer do grupo de trabalho - São Paulo, 04 de Julho de 2007*
- HABER, Jabra – **Vibrações – Notas de Aula (Segurança do Trabalho)**, 2009.
- IIDA, ITIRO. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blucher
- MIRSHAWKA, VICTOR. **Manutenção preditiva**. São Paulo: Makron Books
- NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgard Blucher
- OIKOS. *EIA/RIMA das obras de adequação da capacidade da BR101 – AL/SE/BA*. Rio de Janeiro, 2007
- VALEC (OIKOS). *Normas Ambientais da VALEC (NAVAs)*. Rio de Janeiro, 2004 (3ª revisão, 2007).

10. ANEXO

- **Definição de Acústica** -Acústica é a parte da Física que estuda as oscilações e ondas ocorrentes em meios elásticos, e cujas frequências estão compreendidas entre 20 e 20.000 Hz. Estas oscilações e ondas são percebidas pelo ouvido como ondas sonoras.
- **Decibel (dB)**: Unidade utilizada na medida da intensidade do som, correspondente à décima parte do do bel, correspondendo, pois, a 10 vezes o logaritmo decimal da razão das potências. Símbolo: Db.

- **Fórmula da Intensidade do Som:**

$$I_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \qquad P_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Onde:

I_{dB} - Intensidade do som, medida em decibel

P_{dB} - Potência do som, medida em decibel

I - intensidade do som da fonte

P - Potência do som da fonte

I_0 - Intensidade inicial de referência.

P_0 - Potência inicial de referência.

- **Tabela de Intensidade Sonora**

Intensidade, em dB (NPS*)	Fonte
250	Som dentro de um tornado; bomba nuclear a 5m (estimativa)
180	Foguete, à 30m; canto da baleia azul, à 1m
150	Avião a jato, à 30m
140	Tiro de rifle, à 1m
130	Limite da dor. Buzina de trem, à 1m
120	Concerto de rock, jato decolando, à 100m
110	Motocicleta em alta velocidade, à 5m
100	Furadeira pneumática, à 2m.
90	Caminhão, à 1m.
85	Limite de Ruído permitido pela NR-15 (8 horas)
80	Aspirador de pó grande, à 1m. Tráfego pesado
70	Barulho de tráfego, à 5m
60	Som no interior de escritório ou restaurante
50	Restaurante silencioso
40	área residencial, à noite
30	Interior de cinema, sem barulho
10	Respiração humana, à 3m
0	Limite da audibilidade humana.

* NPS - nível de pressão sonora

- Tabela de Nível de Ruído, da NR-15

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MAXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

- **Decibelímetro:** é o instrumento que tem por finalidade a medir os níveis de intensidade sonora



- **Dosímetro:** aparelho destinado a medir e registrar a dose do ruído.



Dosímetro DOS-500, da Instrutherm