
Estudo de impacto sonoro

CRAWORLD - TERMINAL SUL

Barra do Açu (RJ)

01dB Brasil

07 de Abril de 2011

01dB

Brasil

Aos cuidados do

Sr. Tiago Bueno Rodrigues

CONESTOGA-ROVERS E ASSOCIADOS ENG. LTDA. — CRAWORLD

Tel. : (11)3750-4301

e-mail : trodrigues@craworld.com



A
AREVA

Estudo de impacto sonoro

Terminal Sul

Barra do Açu (RJ)

Elaboração do documento

| Revisão | Data | Elaboração | Revisão | Aprovação | Páginas |
|---------|----------|------------|-------------|------------|----------|
| 00 | 04/04/11 | V. BÉCARD | P. CARVALHO | K. CORMIER | Todas |
| 01 | 05/04/11 | V. BÉCARD | P. CARVALHO | K. CORMIER | 1, 10-13 |
| 02 | 06/04/11 | V. BÉCARD | H. ABRÃO | K. CORMIER | 6, 15 |
| 03 | 07/04/11 | V. BÉCARD | P. CARVALHO | K. CORMIER | 12-13 |
| 04 | 18/05/11 | V. BÉCARD | P. CARVALHO | K. CORMIER | 7-8 |

Distribuição do documento

| Destinário | Empresa | Função | Revisão | Data |
|------------|----------|--------|---------|----------|
| L. PRADO | CRAWORLD | - | 04 | 18/05/11 |

Resumo

Esse documento apresenta o trabalho realizado para o estudo do impacto sonoro do Terminal Sul em Barra do Açu. É apresentada uma simulação computacional realizada a partir dos layouts do projeto, permitindo calcular mapas de ruído. Devido à ausência de dados concretos, as características mecânicas da maioria das fontes sonoras inseridas foram avaliadas a partir de projetos de porte equivalente. Ademais, as unidades vizinhas não foram modeladas por falta de dados.

Os mapas de ruído mostram que o impacto sonoro das atividades do Terminal Sul será limitado ao mesmo, não apresentando risco para a saúde da população vizinha. Além disso os níveis sonoros calculados não ultrapassam os níveis máximos determinados pela NBR10151 fora dos limites de propriedade. Contudo, localmente em algumas áreas o ruído pode chegar a ultrapassar os limiares definidos pelas normas de higiene ocupacional. Por consequência, recomenda-se o uso de protetores auditivos e/ou a implantação de medidas mitigadoras nessas áreas para garantir a segurança dos funcionários do Terminal Sul.

Este documento e a informação inclusa são confidenciais e não devem ser comunicados a outras pessoas sem acordo das empresas envolvidas.

Conteúdo

| | | |
|------------|--|-----------|
| I | Contexto do estudo | 1 |
| 1 | Objetivos | 1 |
| 2 | Generalidades | 1 |
| 3 | Localização | 1 |
| 4 | Organização | 2 |
| II | Procedimento de simulação | 3 |
| 5 | Metodologia | 3 |
| 6 | Dados de entrada no modelo acústico | 3 |
| 6.1 | Número de reflexões | 3 |
| 6.2 | Coefficiente G de absorção do solo | 5 |
| 6.3 | Condições meteorológicas | 5 |
| 6.4 | Modelo geométrico | 5 |
| 7 | Modelagem das fontes sonoras | 6 |
| 7.1 | Terminal de Derivados de Petróleo | 6 |
| 7.2 | Pátio de Granéis Sólidos | 7 |
| 7.3 | Ruído ferroviário | 8 |
| 7.4 | Ruído rodoviário | 9 |
| III | Análise do impacto sonoro | 10 |
| 8 | Mapas de ruído | 10 |
| 8.1 | Raster - Oversampling | 10 |
| 8.2 | Areas of Equal Sound Level | 11 |
| 9 | Mapas de conflito | 12 |
| 9.1 | Período diurno | 12 |
| 9.2 | Período noturno | 13 |
| 10 | Análise | 13 |
| 10.1 | Ruído externo ao empreendimento | 13 |
| 10.2 | Ruído interno ao empreendimento | 13 |
| 11 | Conclusões | 14 |
| IV | Anexos | 15 |

| | |
|--------------------------|----|
| 12 Parâmetros de cálculo | 15 |
| 13 Glossário | 15 |

Lista de Figuras

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Localização do Terminal Sul na Barra do Açu(RJ), foto de abril de 2010 . . . | 2 |
| 2 | Organização geral do estudo acústico | 2 |
| 3 | Propagação do som entre uma fonte e um receptor com reflexão de primeira ordem | 4 |
| 4 | Propagação do som entre uma fonte e um receptor com reflexões de primeira e segunda ordens | 4 |
| 5 | Modelo geométrico realizado para simulação computacional do Terminal Sul . | 6 |
| 6 | Modelo realizado para o Terminal de Derivados de Petróleo | 6 |
| 7 | Modelo realizado para o Pátio de Granéis Sólidos | 8 |
| 8 | Modelo realizado para Correias Transportadoras | 8 |
| 9 | Modelo realizado para as Linhas Ferroviárias | 9 |
| 10 | Modelo realizado para as rodovias | 9 |
| 11 | Mapa de ruído com representação Raster/Oversampling de 2 | 10 |
| 12 | Mapa de ruído com representação de Areas of Equal Sound Level | 11 |
| 13 | Mapa de conflito, comparação com NB10151 no período diurno | 12 |
| 14 | Mapa de conflito, comparação com NB10151 no período noturno | 13 |
| 15 | Ilustração de sinal e o LAeq correspondente do período (laranja) | 16 |
| 16 | Ilustração de banda emergente em relação às adjacentes (laranja) | 16 |
| 17 | Ilustração de tipos de ruído: particular (verde: carro passando — vermelho: cachorro latindo) e residual (preto) | 17 |

Parte I

Contexto do estudo

1 Objetivos

- Avaliar o impacto ambiental em termos de nível de ruído devido à atividade do Terminal Sul por simulação computacional.
- Comparar os níveis de ruído obtidos na simulação com as exigências da NBR10151 [?].

2 Generalidades

No Distrito Industrial de São João da Barra estão previstos diversos empreendimentos, entre eles o objeto do presente estudo, um Terminal de movimentação de cargas e produtos para importação e exportação, que incluem granéis sólidos e líquidos de diversas naturezas, além de fabricação e montagem de máquinas, equipamentos e estruturas marítimas para a produção e exploração de petróleo e gás.

O projeto do empreendimento prevê as seguintes unidades principais:

- Terminal de derivados;
- Pátio de *supply boats* e carga geral;
- Pátio de Granéis Sólidos (carvão, calcário, pet-coque/coque e *sinter feed*);
- Pátio de Produtos Siderúrgicos, automóveis, contêineres, ferro-gusa, escória, clínquer, pedras ornamentais e carga geral;
- Pátio Multi-uso;
- Terminal de Carvão;
- Píer de Rebocadores;
- Dutovia de bunker;
- Ramal e Peras ferroviárias.

3 Localização

O Terminal Sul encontra-se no limite sul do município de São João da Barra, no litoral norte do estado do Rio de Janeiro. Existem muitas atividades industriais a proximidade, a maioria delas ainda sendo construídas. A imagem satélite da figura 1 mostra a localização do empreendimento.

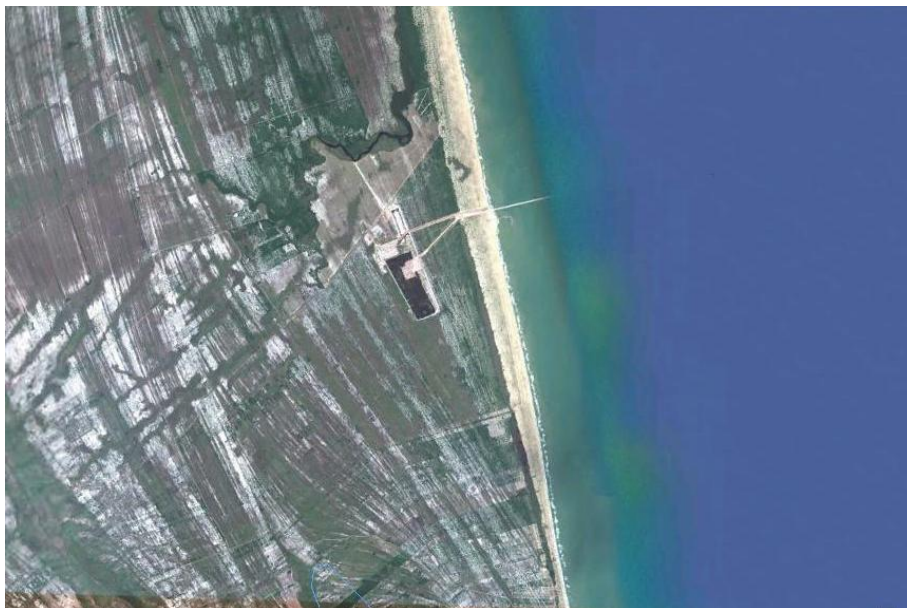


Figura 1: Localização do Terminal Sul na Barra do Açu(RJ), foto de abril de 2010

4 Organização

O estudo acústico é dividido em duas partes principais: a simulação computacional e a análise dos resultados. Na primeira parte é modelado o Terminal Sul e seu entorno usando um software de mapeamento acústico, para calcular mapas de ruído da região. A segunda parte analisa os resultados obtidos e os compara com as normas vigentes e propõe medidas mitigadoras caso precise. A figura 2 representa essa organização.

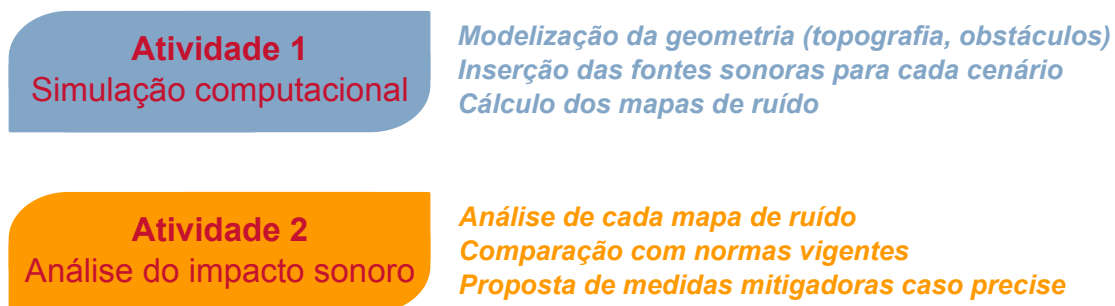


Figura 2: Organização geral do estudo acústico

Parte II

Procedimento de simulação

O objetivo da simulação computacional de ruído ambiental é a elaboração de mapas acústicos de um local para avaliar o impacto sonoro de determinada atividade.

No caso do presente estudo, foi criado um modelo de propagação sonora do Terminal Sul e seu entorno. Nesse modelo foram inseridas as fontes sonoras (veículos, bombas, geradores, etc.) afim de analisar os níveis de pressão sonora gerados pelas mesmas.

5 Metodologia

A avaliação sonora do local foi realizada através de modelagem acústica com software específico denominado CadnaA v.4.0.135, desenvolvido pela empresa alemã Datakustik GmbH ¹.

O modelo de avaliação de impacto de ruído CadnaA tem por base a norma ISO 9613, Parte 1: Cálculo da absorção do som pela atmosfera, 1993 e Parte 2: Método de cálculo geral, para definição do modelo de propagação do ruído ao ar livre. Nesta norma são descritos e equacionados os protocolos de cálculo utilizados no modelo.

A modelagem do Terminal Sul foi feita em duas etapas principais. A primeira delas é a recriação do terreno de implantação e de seu entorno tridimensionalmente, inserindo todos os obstáculos relevantes acusticamente ao modelo. A segunda etapa da modelagem é a inserção das fontes sonoras com suas respectivas potências sonoras e diretividades.

6 Dados de entrada no modelo acústico

Os parâmetros gerais de cálculo devem ser devidamente configurados para assegurar a representatividade do modelo. Abaixo, seguem eles:

- Número de reflexões ;
- Coeficiente G de absorção do solo ;
- Condições meteorológicas ;
- Modelo geométrico.

6.1 Número de reflexões

A figura 3 representa a propagação do som entre uma fonte F e um receptor R. Nesse caso, existe um obstáculo a proximidade. O nível de ruído calculado no receptor é constituído por dois caminhos de propagação:

- O caminho direto ;
- O caminho refletido sobre o obstáculo.

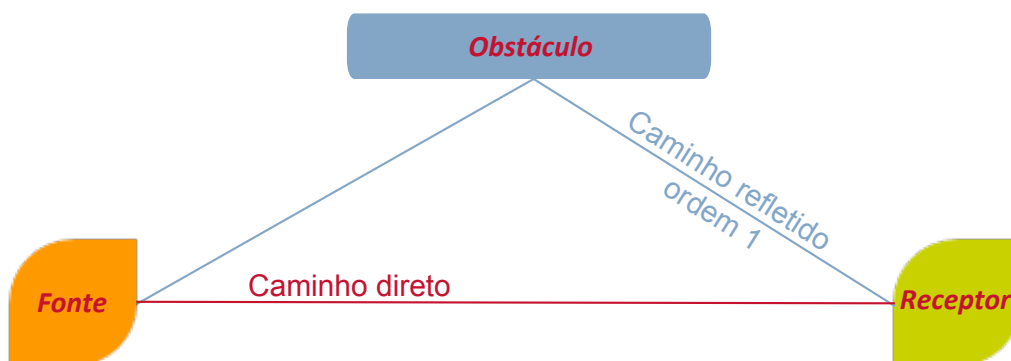


Figura 3: Propagação do som entre uma fonte e um receptor com reflexão de primeira ordem

O caminho refletido apresentado na figura 3 é de primeira ordem. Existem reflexões de ordens superiores tais como mostrado na figura 4 quando outros obstáculos são inseridos no modelo.

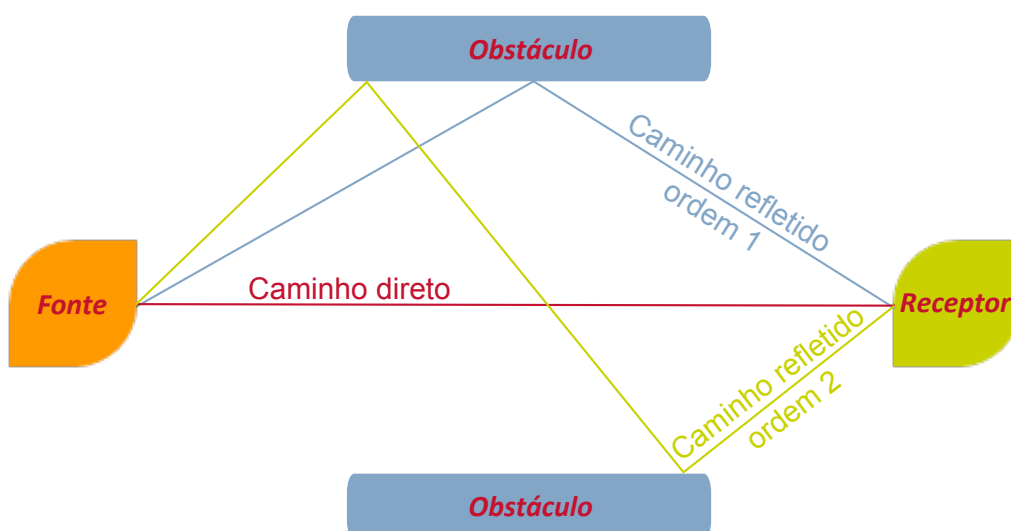


Figura 4: Propagação do som entre uma fonte e um receptor com reflexões de primeira e segunda ordens

Maior é a ordem de reflexão do caminho considerado, menor é sua contribuição no nível de ruído no ponto receptor. De fato, a cada reflexão existe uma perda de energia acústica devido às propriedades do obstáculo.

A ISO 9613-2, norma internacional que legifera os softwares de modelagem computacional tais como CadnaA, considera nos seus modelos computacionais as reflexões de primeira ordem.

¹ <http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa/>

6.2 Coeficiente G de absorção do solo

O coeficiente de absorção do solo G é um parâmetro adimensional cujo valor pode variar entre 0 e 1. O parâmetro G permite levar em consideração a atenuação ou amplificação do ruído devido ao mecanismo de reflexões da onda sonora no solo.

- $G=0$ corresponde a um solo completamente opaco do ponto de vista acústico, ou seja, a onda incidente é refletida no solo com a mesma intensidade e provoca uma amplificação do ruído no ponto receptor (exemplo: solo de concreto pintado).
- $G=1$ corresponde a um solo poroso. A onda sonora incidente é totalmente absorvida (exemplo: solo de areia).

Para esse estudo, o parâmetro G foi configurado igual a 0,8 no terreno e suas redondezas (solo poroso), e igual a 0 para áreas asfaltadas (estradas e estacionamentos).

6.3 Condições meteorológicas

As condições meteorológicas são consideradas na norma ISO 9613-2 como parâmetros de cálculo. Para esse estudo, as condições de temperatura (T) e umidade (H) foram configuradas da seguinte forma: $T = 20^{\circ}\text{C}$ e $H = 70\%$. Esses parâmetros são os mais próximos às condições reais, dentro das possibilidades oferecidas pela norma ISO 9613-2: $T = 0$ ou 10 ou 20°C e $H = 50$ ou 70 ou 90% .

Devido à ausência de uma orientação preponderante do vento na região, o parâmetro vento não foi considerado nesse estudo.

6.4 Modelo geométrico

As equações de propagação acústica no ar livre são funções da distância entre os diferentes objetos do modelo (fontes, obstáculos e receptores). Então, o controle da geometria do modelo se torna um fator primordial.

O modelo geométrico do local foi gerado a partir das imagens satélite Google Earth e das plantas fornecidas pela Crawworld. Devido à ausência de dados topográficos e sendo o terreno relativamente plano, a topografia não foi levada em consideração nesse estudo.

Todos os itens do projeto que não são fontes de ruído são chamados de obstáculos. Os obstáculos não são objetos acusticamente ativos (não geram ruído), mas devem ser considerados no modelo para simular corretamente a propagação do som.

Para inserir obstáculos do tipo prédios ou barreira, os dados de entradas são:

- Localização
- Geometria (elevação)
- Material

Os dados de localização e de geometria foram extraídos das plantas fornecidas pela contratante. A figura 5 representa o modelo geométrico obtido com isso.

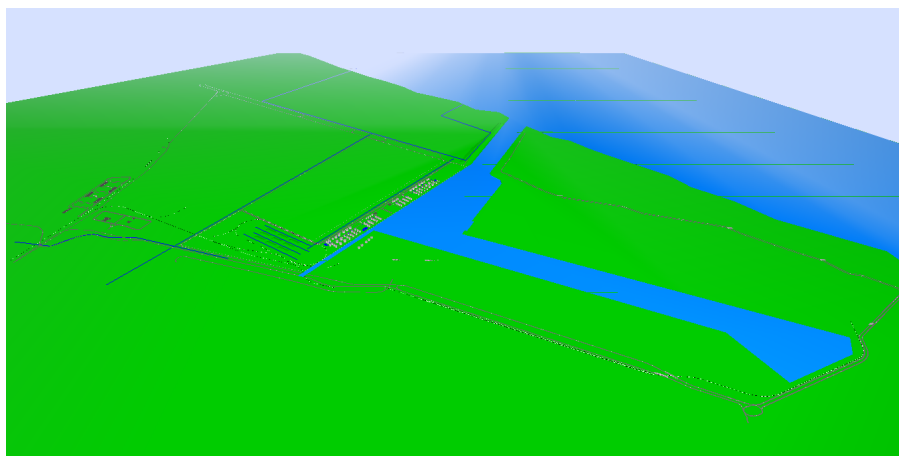


Figura 5: Modelo geométrico realizado para simulação computacional do Terminal Sul

7 Modelagem das fontes sonoras

7.1 Terminal de Derivados de Petróleo

O Terminal de Derivados de Petróleo, localizado na margem norte do canal de acesso da Unidade de Construção Naval da OSX, é constituído de dois terminais simétricos (Terminais de Derivados 1 e 2). Em cada terminal encontra-se 17 pátios de bombas, cada pátio sendo dedicado a um derivado específico, contendo de dois a quatro tanques e bombas. Esses pátios de bombas concentram bombas de vários tamanhos, as quais servem para movimentação dos derivados até as pataformas rodoviárias, ferroviárias e marítimas. Existem vários tipos de bombas, com fluxos de $90 \text{ m}^3/\text{h}$ até $600 \text{ m}^3/\text{h}$. Essas bombas, maiores fontes de ruído do Terminal de Derivados de Petróleo, são repertoriadas na tabela 1. A potência sonora de cada bomba foi avaliada a partir de seus parâmetros mecânicos, usando o módulo SET do CadnaA. Os detalhes das potências sonoras por banda de oitava encontram-se na tabela 6 em anexo desse documento. A figura 6 representa essas fontes sonoras (de cor azul) no modelo computacional.

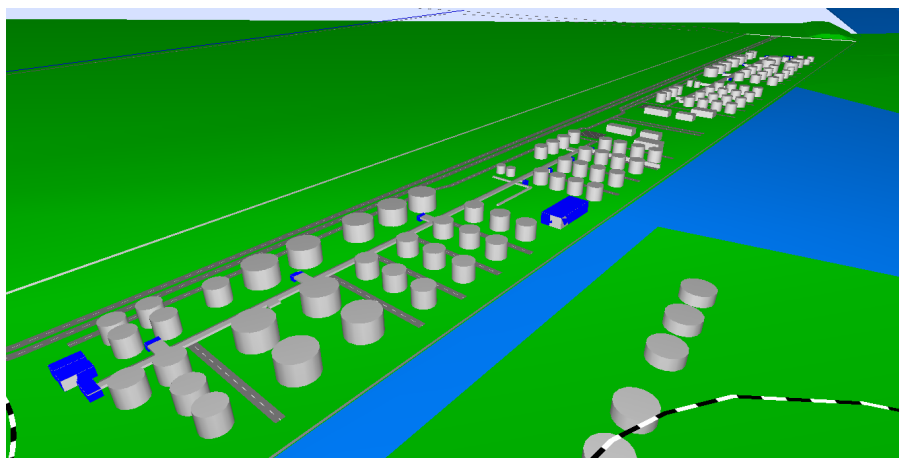


Figura 6: Modelo realizado para o Terminal de Derivados de Petróleo

Tabela 1: Localização de cada tipo de bomba (em m^3/h) no Terminal de Derivados de Petróleo

| Pátio Bombas | 90 | 120 | 240 | 250 | 600 | Derivado |
|--------------|----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| PB-01 | 2 | - | - | - | - | NL/NM |
| PB-02 | 2 | - | - | - | - | NP/SP60 |
| PB-03 | 4 | - | - | - | - | NH10/SP70 |
| PB-04 | 4 | - | - | - | - | NH20/NH140 |
| PB-05 | 2 | - | - | - | - | Isovolt |
| PB-06 | 2 | - | - | - | - | Slop "A"/"B" |
| PB-07 | - | - | 4 | - | 2 | Diesel - B |
| PB-08 | - | - | - | 2 | - | Etanol |
| PB-09 | - | - | - | 2 | - | Asfalto |
| PB-10 | - | - | 4 | - | 2 | Quero - IL |
| PB-11 | - | - | 4 | - | 2 | Gasol - A |
| PB-12 | - | - | 4 | - | 2 | Diesel - M |
| PB-13 | 2 | - | - | 2 | - | Cutter |
| PB-14 | 2 | - | - | 2 | - | HFO |
| PB-15 | 2 | - | - | - | - | Soda |
| PB-16 | 2 | - | - | - | - | Ácido Sulfúrico |
| PB-17 | 1 | - | - | 2 | - | Bright Stock |

7.2 Pátio de Granéis Sólidos

O Pátio de armazenamento de Granéis Sólidos ocupará uma área aproximada de 593.000 m², na extremidade noroeste do Terminal Sul. Esse pátio servirá para armazenamento de granéis : pet coque e sinter feed de minério de ferro, carvão, calcário, etc. As principais fontes de ruído dessa unidade são o virador de vagão e as correias transportadoras.

Para simular o ruído devido ao virador de vagão, é usada uma fonte pontual. Os parâmetros de modelagem são descritos na tabela 2 e correspondem a um nível de pressão sonora de 91 dB(A) a uma distância de 4 metros. A figura 7 representa o virador de vagão no modelo computacional.

Tabela 2: Parâmetros usados para virador de vagão no Pátio de Granéis Sólidos

| | |
|------------------------------|-----------|
| Potência sonora | 114.5 dBA |
| Altura a cima do chão | 1.5 m |

As Correias Transportadoras servem para transporte de carvão e outros granéis entre as diversas unidades do Terminal Sul. Elas foram simuladas usando fontes pontuais em movimento com um grande número de eventos, conforme indicado na tabela 3. Esses parâmetros correspondem a um nível de pressão sonora de 80 dB(A) a uma distância de 15 metros. A figura 8 representa essas fontes sonoras no modelo computacional.

Por não ser uma fonte de ruído significativa, o ruído devido às mudanças de direção das correias transportadoras não foi levado em consideração.



Figura 7: Modelo realizado para o Pátio de Granéis Sólidos

Tabela 3: Parâmetros usados para Correias Transportadoras

| | |
|------------------------------------|---------|
| Potência sonora | 123 dBA |
| Velocidade de deslocamento | 3 km/h |
| Número de enventos por hora | 10000 |
| Altura a cima do chão | 3 m |

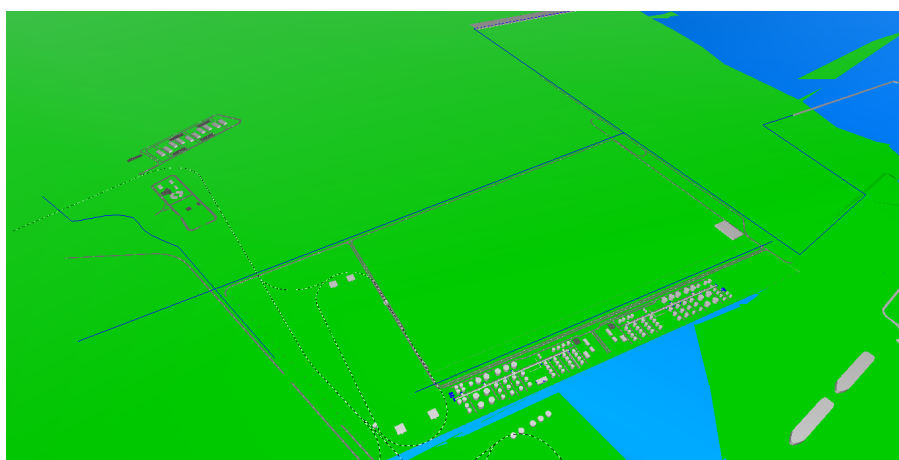


Figura 8: Modelo realizado para Correias Transportadoras

7.3 Ruído ferroviário

O Terminal Sul compreende várias linhas ferroviárias para transporte das cargas. Essas linhas ferroviárias foram simuladas com fontes lineares apresentando um nível de emissão $L_{m,E} = 92$ dB, correspondendo a um nível de pressão sonora de 91 dB(A) a uma distância de 4 metros. A figura 9 representa essas fontes sonoras no modelo computacional.

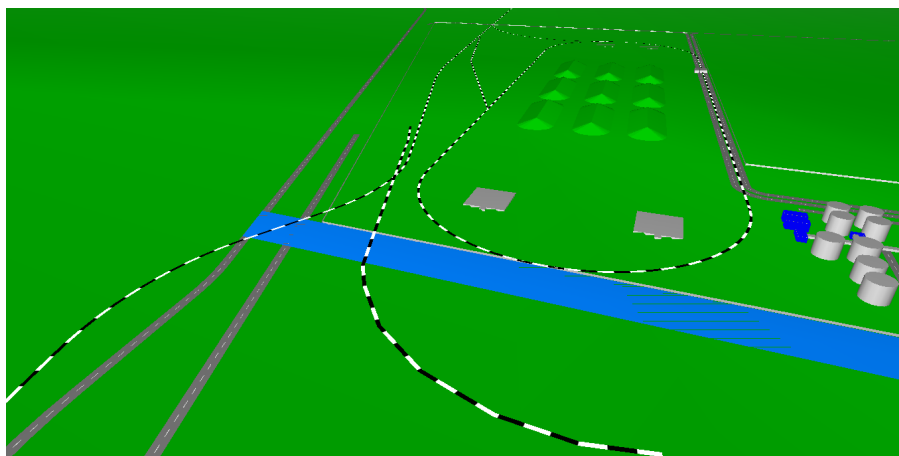


Figura 9: Modelo realizado para as Linhas Ferroviárias

7.4 Ruído rodoviário

Várias rodovias internas permitem a movimentação de veículos (caminhões, ônibus, carros) entre as diversas unidades do Terminal Sul. Para representar o impacto sonoro dessas rodovias, foram usados os parâmetros descritos na tabela 4, correspondendo a um nível de emissão $L_{m,E} = 70$ dB. A figura 10 representa essas fontes sonoras no modelo computacional.

Tabela 4: Parâmetros usados para rodovias

| | |
|--|-----------------------|
| Tipo de rodovia | Smooth Mastix Asphalt |
| Velocidade máxima | 80 km/h |
| Número de veículos por hora | 300 |
| Porcentagem de veículos pesados | 70% |

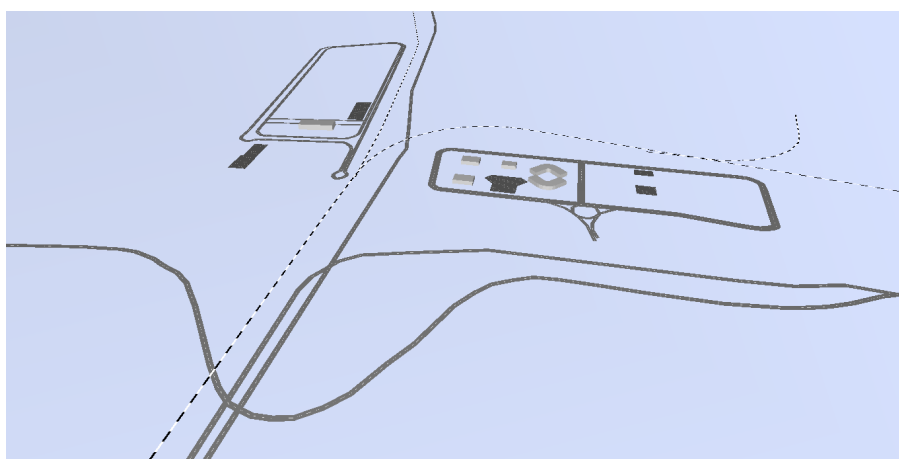


Figura 10: Modelo realizado para as rodovias

Parte III

Análise do impacto sonoro

8 Mapas de ruído

Abaixo estão apresentados os mapas de ruído ² calculados a partir dos parâmetros descritos no Procedimento de Simulação. Para o cálculo foi considerado um grid de receptores de malha 10 x 10 metros, a uma altura de 1.5 metro acima do chão. Os mapas de ruído das figuras 11 e 12 são rigorosamente iguais, a única diferença sendo o modo de representação.

8.1 Raster - Oversampling

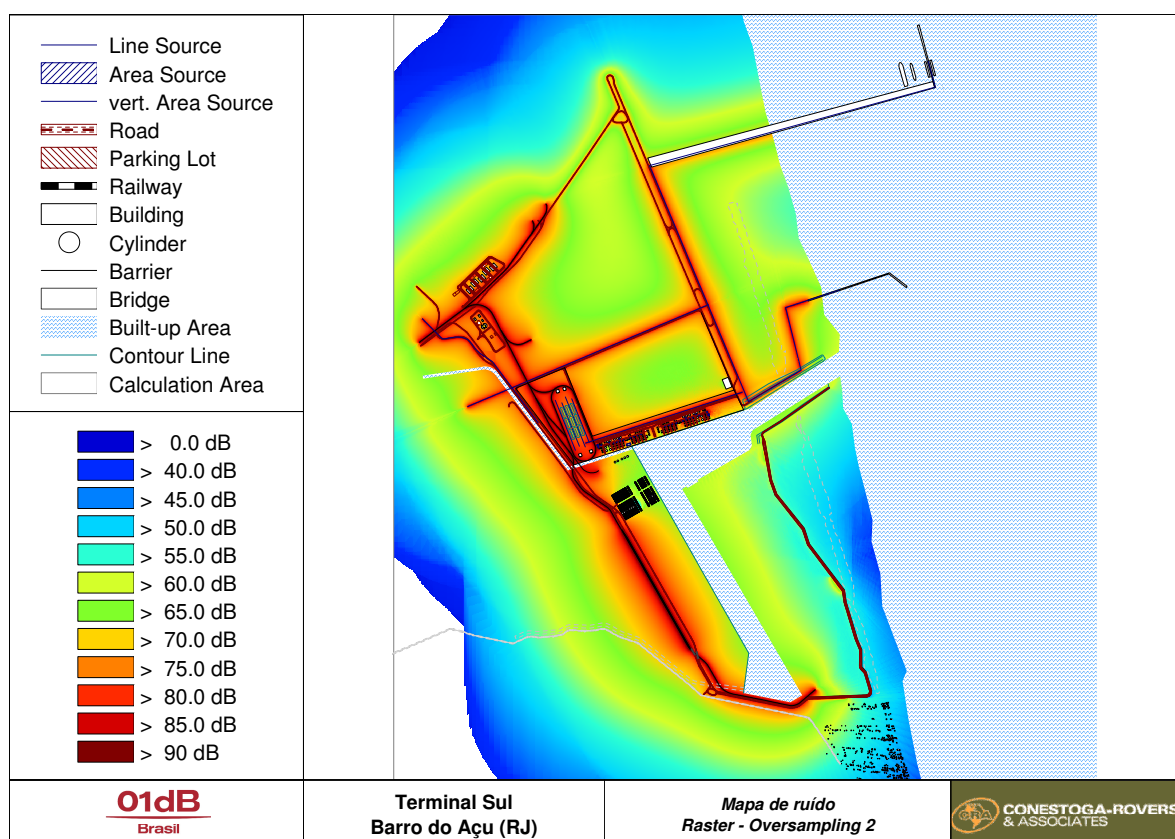


Figura 11: Mapa de ruído com representação Raster/Oversampling de 2

²Sendo os mapas incluídos em formato pdf, é possível ampliá-los conservando resolução de alta qualidade.

8.2 Areas of Equal Sound Level

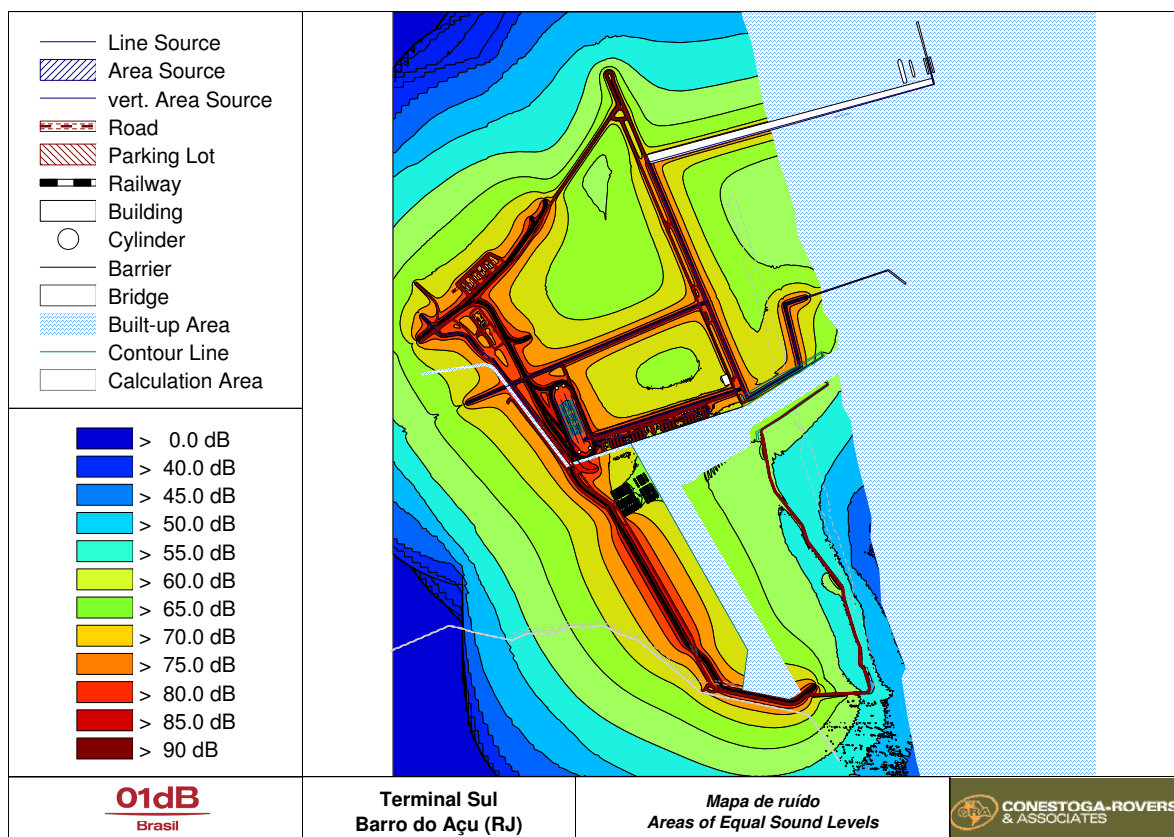


Figura 12: Mapa de ruído com representação de Areas of Equal Sound Level

9 Mapas de conflito

Os mapas abaixo comparam as emissões sonoras devidas às atividades do Terminal Sul com a norma vigente no Brasil, a NBR10151 [?] definida pela ABNT. Essa norma determina níveis máximos de ruído admissível segundo a classificação da região considerada. O Terminal Sul sendo classificado como "Área predominantemente industrial", os limiares diurnos e noturnos são respectivamente de 70 dB(A) e 60 dB(A). Os mapas de conflito a seguir foram obtidos pela subtração desses limiares aos níveis de pressão sonora calculados, a fim de destacar as áreas mais sensíveis. A representação gráfica obtida é por consequência *relativa*, apresentando as diferenças ΔL entre limiar normativo e nível de pressão sonora. A escala de cores usada de 0 a 22 dB(A) leva em consideração essa modificação da representação gráfica. Resulta que no período diurno são representados apenas os níveis sonoros de 70 a 92 dB(A), no período noturno de 60 a 82 dB(A).

9.1 Período diurno

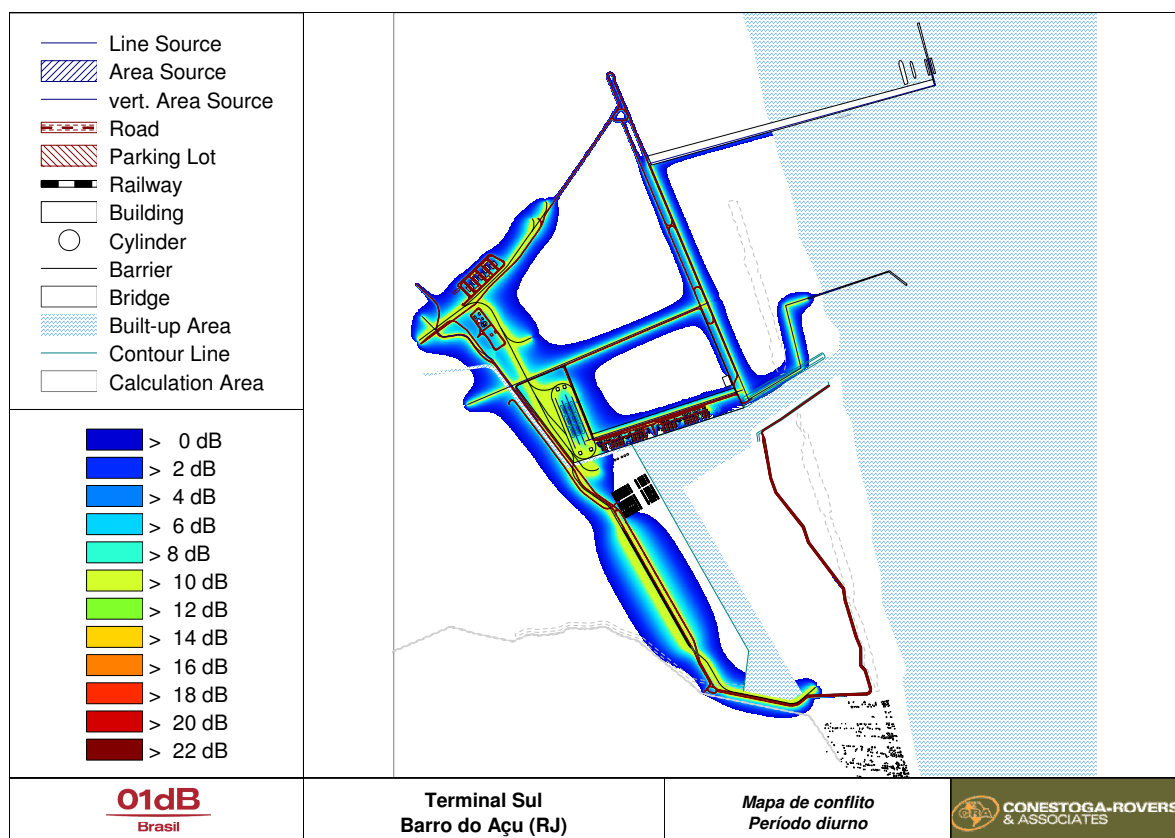


Figura 13: Mapa de conflito, comparação com NB10151 no período diurno

9.2 Período noturno

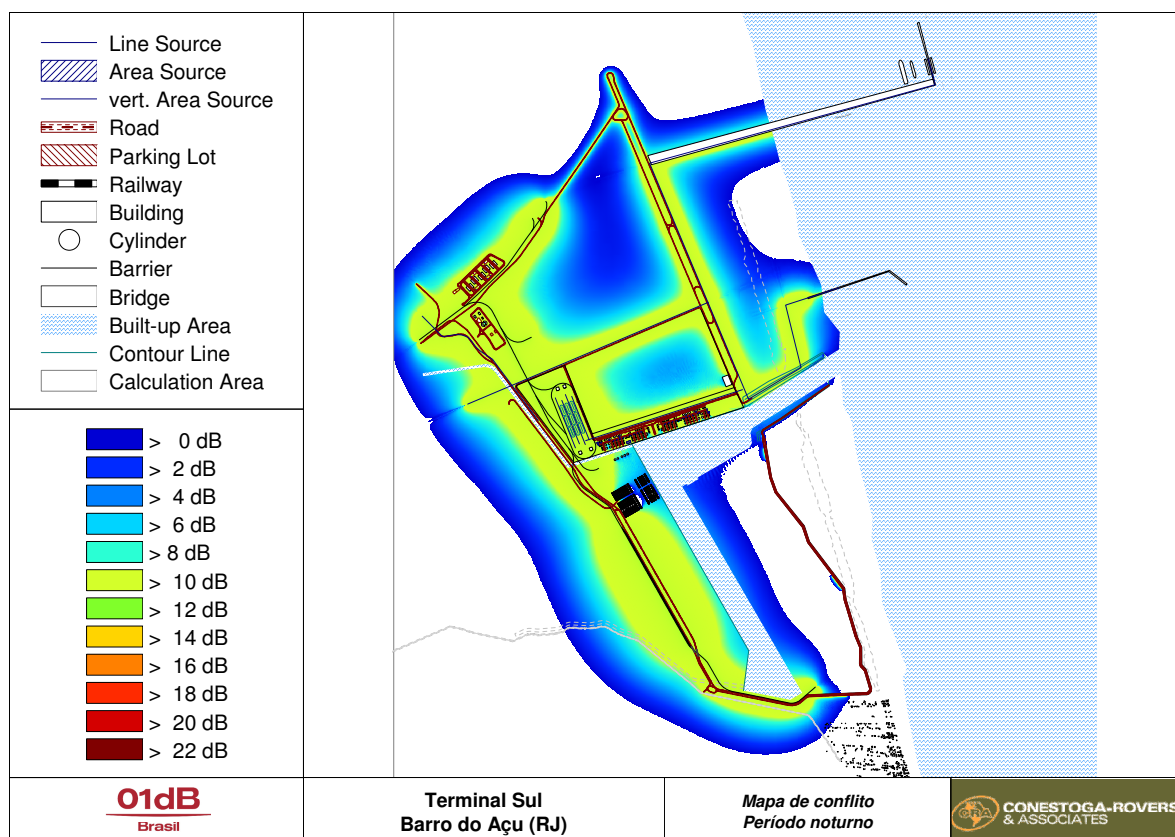


Figura 14: Mapa de conflito, comparação com NB10151 no período noturno

10 Análise

10.1 Ruído externo ao empreendimento

Pode-se observar dos mapas acima que o impacto sonoro devido à implantação do Terminal Sul é importante. Porém, esse impacto sonoro é limitado aos arredores das maiores fontes de ruído: correias transportadoras, linhas ferroviárias, rodovias entre outras. Nessas áreas os níveis sonoros ultrapassam 85 dB(A) localmente e podem atingir 95 dB(A). Os mapas de conflito calculados mostram que os limites diurno e noturno definidos pela NBR10151 estão ultrapassados apenas dentro dos limites de propriedade. Ademais, sendo a área de implantação do Terminal Sul isenta de zona residencial a proximidade, não existe nenhum conflito com essa norma.

10.2 Ruído interno ao empreendimento

A Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 emitida pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) impõe limites de exposição ocupacional diários para os funcionários. A tabela 5 abaixo extrata dessa norma mostra a correspondência entre nível de ruído e tempo máximo

de exposição diário permissível (T_n).

Tabela 5: Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído - extrato da NHO 01

| Nível de ruído (dBA) | T_n (min) | T_n (horas) |
|----------------------|-------------|---------------|
| 80 | 1.524 | 25,4 |
| 85 | 480 | 8 |
| 90 | 151 | 2,5 |
| 95 | 48 | 0,80 |
| 100 | 15 | 0,23 |

Segunda a tabela 5, um funcionário trabalhando 8 horas por dia não pode ser exposto a níveis de ruído contínuos superiores a 85 dB(A). Por consequência, caso funcionários permaneçam em áreas apresentando níveis iguais ou acima de 85 dB(A), os mesmos devem obrigatoriamente usar protetores auditivos adaptados para reduzir ao máximo o prejuízo à saúde.

11 Conclusões

Esse documento apresenta o procedimento de simulação e os resultados obtidos da modelagem computacional de propagação de ruído do Terminal Sul, na Barra do Açu, no litoral norte do Rio de Janeiro. Por falta de dados técnicos sobre as fontes sonoras das unidades do Terminal, a maioria dos parâmetros acústicos usados no modelo foram avaliados a partir de projetos similares. Vale ressaltar que o estudo leva em consideração apenas as unidades descritas no procedimento de simulação, fazendo abstração das emissões sonoras devidas às outras unidades do conjunto portuário.

Os mapas de ruído obtidos mostram o impacto sonoro do Terminal Sul e comparam o mesmo com a norma vigente no Brasil, a NBR10151 [?]. Essa norma impõe níveis de ruído máximos de 70 dB(A) no período diurno e 60 dB(A) no período noturno. Analisando os mapas de conflito, pode-se observar que esses limiares estão ultrapassados em vários locais, porém apenas internamente ao terreno do Terminal Sul. Essa norma é definida para áreas externas aos limites de propriedades, por consequência não há conflito. Contudo, para atender as exigências da norma NHO 01 [?], é recomendado o uso de protetores auditivos nas áreas acusticamente mais sensíveis.

Sendo a simulação realizada a partir de parâmetros realistas porém hipotéticos, para confirmar essa análise é preciso realizar uma campanha de medição de níveis de pressão sonora internos e externos ao empreendimento após a construção do Terminal Sul. Caso a situação possa prejudicar a saúde dos funcionários mesmo com o uso de protetores auditivos, será necessário o dimensionamento e a implantação de medidas mitigadoras para controlar o ruído.

Parte IV

Anexos

12 Parâmetros de cálculo

A grande maioria dos parâmetros usados no modelo acústico são descritos no Procedimento de Simulação desse documento. A tabela 6 apresenta os níveis espectrais de potência sonora dos pátios de bombas do terminal de Derivados de Petróleo.

Tabela 6: Potências sonoras estimadas dos Pátios de Bombas (dB) do Terminal de Derivados de Petróleo por banda de oitava (Hz)

| Pátio de Bombas | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | A |
|-----------------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| PB-01/02/03/04 | 59 | 69 | 79 | 93 | 105 | 109 | 107 | 91 | 59 | 112 |
| PB-05/06 | 56 | 66 | 76 | 90 | 102 | 106 | 104 | 88 | 56 | 109 |
| PB-07/08/09 | 61 | 71 | 81 | 95 | 107 | 111 | 109 | 93 | 61 | 114 |
| PB-10/11/12/13 | 62 | 72 | 82 | 96 | 108 | 112 | 110 | 94 | 62 | 115 |
| PB-14 | 63 | 73 | 83 | 97 | 109 | 113 | 111 | 95 | 63 | 116 |
| PB-15/16 | 56 | 66 | 76 | 90 | 102 | 106 | 104 | 88 | 56 | 109 |
| PB-17 | 66 | 76 | 86 | 100 | 112 | 116 | 114 | 98 | 56 | 119 |

13 Glossário

- *Nível de Pressão Sonora (NPS)* : Grandeza física do campo sonoro em um local. A unidade da pressão sonora é o Pascal (Pa).
- *Decibel (dB)* : Unidade logarítmica utilizada para exprimir uma grandeza física a partir de um valor de referência. Na caso da pressão sonora, o NPS é definido pela equação 1.

$$Lp = 20 \cdot \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right) \quad (1)$$

com $P_{ref} = 20 \mu\text{Pa}$

- *Ponderação A* : Filtro de ponderação freqüencial normalizado para levar em consideração a resposta do ouvido humano.
- *dBA* : grandeza física expressa segundo filtro de ponderação A.
- *LAeq* : Nível global da Pressão Sonora ponderado A correspondente ao tempo da medição. A figura 15 ilustra o *LAeq*.
- *Ruído impulsivo* : Ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem a intervalos maiores do que 1s.
- *Ruído tonal* : Ruído que contém tons puros, como o som de apitos e zumbidos. Segundo a NFS31 010 (França), para ser caracterizado como tonal, a bandas devem emergir, em relação às bandas adjacentes, os valores contidos na tabela 7.

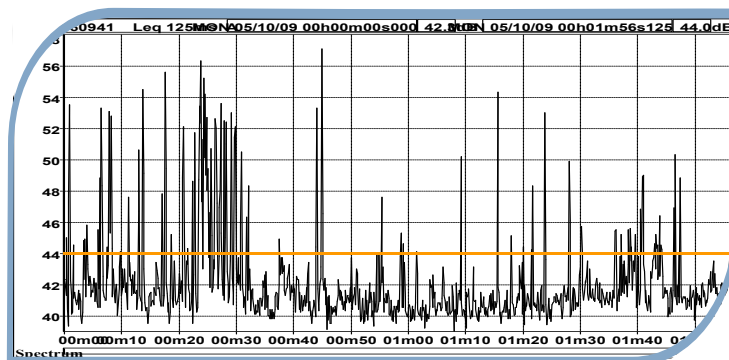


Figura 15: Ilustração de sinal e o LAeq correspondente do período (laranja)

Tabela 7: Critério de tonalidade segundo NFS31 010 (França).

| 63 Hz a 315 Hz | 400 Hz a 1250 Hz | 1600 Hz a 6300 Hz |
|----------------|------------------|-------------------|
| 10 dB | 5 dB | 5 dB |

Na figura 16 é ilustrado um espectro com característica tonal.

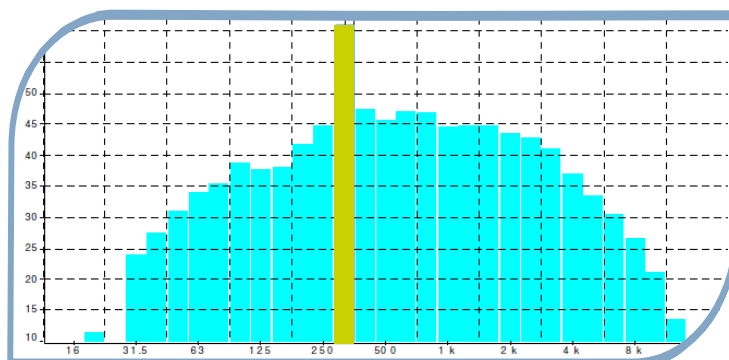


Figura 16: Ilustração de banda emergente em relação às adjacentes (laranja)

- *Ruído ambiente* : Ruído total de uma dada situação.
- *Ruído particular* : Componente do ruído ambiente - neste caso o ruído de tráfego foi considerado particular.
- *Ruído residual* : Corresponde ao ruído ambiente na ausência de ruído particular, no caso deste estudo, o ruído residual é o provindo da usina, sem a interferência do tráfego. Esses diferentes tipos de ruídos são representados na figura 17

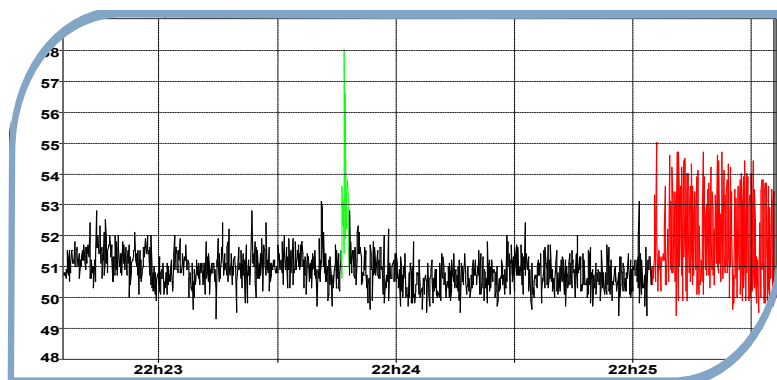


Figura 17: Ilustração de tipos de ruído: particular (verde: carro passando — vermelho: cachorro latindo) e residual (preto)