

COMPARAÇÃO DE DOIS *SOFTWARES* DE SIMULAÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO EM UMA TRAVESSIA URBANA

Álvaro Phillipe Tazawa Delmont Pais¹

Alexis Kiouranis²

Aline Lisot³

Paulo Fernando Soares⁴

RESUMO

Este artigo propõe uma comparação entre dois *softwares*: SondPLAN[®] e Custic[®]. Ambos *softwares* são utilizados para a simulação da propagação do ruído em ambientes abertos. As diferenças entre eles são principalmente a resolução do mapeamento, a variedade de escalas, o tempo de processamento e o custo do investimento. Os resultados foram calibrados a partir de uma medição realizada na Avenida Colombo em Maringá-PR. Os resultados apresentados concluem sobre os principais parâmetros e precisão gerados em cada software no mapa de ruído do tráfego urbano.

Palavras-chave: Simulação Acústica, Tráfego Urbano, SondPLAN[®], Custic[®]

1. INTRODUÇÃO

Segundo Bistafa (2006), o som é uma sensação que o sistema auditivo produz, enquanto que ruído é um som que não tem harmonia e é considerado geralmente como um som indesejável, ou seja, de conotação negativa.

Nesse sentido, considerando que o ruído pode ser proveniente das construções civis, das industriais, das atividades comerciais, da prestação de serviços nos centros urbanos e pelo ruído

¹Mestrando, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana-PEU, alvaro.phillipe@hotmail.com

² Mestrando, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana-PEU, alexiskd@hotmail.com

³ Prof. Msc. Aline Lisot, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, alinelisot@gmail.com

⁴ Prof. Dr. Paulo Fernando Soares, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, paulofsoares@gmail.com

excessivo dos veículos nas travessias urbanas, Lisot et al (2005) ressalta que o ruído relaciona-se fortemente com a cultura e rotina das pessoas, ou seja, está presente no dia a dia da vida humana.

Tratando-se especialmente do ruído ocasionado pelo tráfego de veículos, este merece maior atenção, pois a poluição sonora proveniente desta fonte tem aumentado nas cidades em geral, causando desconforto para aqueles que transitam e habitam nas proximidades das vias de tráfego. Conforme Gerges (2000), a exposição excessiva ao ruído podem ocasionar problemas como estresse, irritação, perda de desempenho na execução de atividades em geral, má compreensão da palavra falada, distúrbios de sono e até mesmo danos irreversíveis ao sistema auditivo.

É diante dessa perspectiva que a análise do ruído de tráfego nos centros urbanos torna-se necessária. O desenvolvimento de modelos computacionais acompanha a necessidade de informação. Os *softwares* que mapeiam o ruído utilizam modelos capazes de analisar diversas variáveis e cálculos simultâneos na análise e mapeamento do ruído.

Este trabalho compara o *software* SoundPlan® com o Cusic 3.0® que é um programa com investimento menor.

2. REVISÃO TEÓRICA

Apresentam-se a seguir os conceitos teóricos necessários ao entendimento da metodologia empregada.

2.1. Ruído causado pelo tráfego urbano

Viro (2002), ao tratar do ruído proveniente do tráfego urbano, aponta que houve um aumento do mesmo nos últimos anos. Entre os períodos de 1996 e 2010, estimava-se um aumento de 100% no transporte de carga e de 180 % no transporte aéreo. Considerando que muitas pessoas preferem andar de carro ao invés de utilizar o transporte público e que muitas vezes o veículo só transporta o condutor, esse problema tem aumentado significativamente de modo geral.

Nesse sentido, Lisot et al (2005) menciona que ruas e avenidas com alta concentração de veículos estão entre os maiores causadores dessa poluição sonora. Levando em conta a urbanização e adensamento vertical nas cidades observa-se a formação de cânions urbanos que funcionam como caixas de ressonância acústica, no sentido de absorver e refletir o ruído.

Viro (2002) explica que o ruído causado por um veículo na via urbana tem várias componentes sendo que as principais são provenientes do motor e pneus. No entanto, existem outras variáveis que contribuem para a geração de elevados níveis de ruído, como é o caso das freadas bruscas, acelerações elevadas e buzinas.

São apresentados na Tabela 1 diferentes níveis de intensidade sonora que representam cada veículo em funcionamento a uma velocidade de 50 km/h, onde o ponto de observação está a 7,5 metros do veículo e a 1,2 metros do solo (JOSSE, 1975 apud Lisot et al, 2005).

Tabela 1: Níveis de Intensidade Sonora

CATEGORIAS DE VEÍCULOS	Níveis de Intensidade Sonora em dB(A)
Motocicletas	86
Utilitários com carga inferior ou igual a 3,5t	83
Carros de passeio	83
Transporte público	90
Utilitários com carga superior a 3,5t	90

Fonte: JOSSE, 1975 apud Lisot et al (2005)

2.2. Travessia urbana

A expansão das cidades têm causado interferências em aspectos organizacionais e físicos. Trinta (2001) diz que as rodovias, outrora projetadas alheias à cidade, são enclausuradas pelo avanço dos territórios municipais, sendo esta via enclausurada é caracterizada por travessia urbana.

A Avenida Colombo, em Maringá, é uma rodovia federal (BR-376) que apresenta volume de tráfego intenso composto de caminhões, veículos leves, motocicletas e bicicletas. Parte desse tráfego é de longa distância, cujos destinos são outras cidades da região.

A rodovia analisada possui quatro pistas em cada direção e o trecho analisado possui 1.150,00 metros. A Figura 1 representa uma ilustração da seção transversal da via.

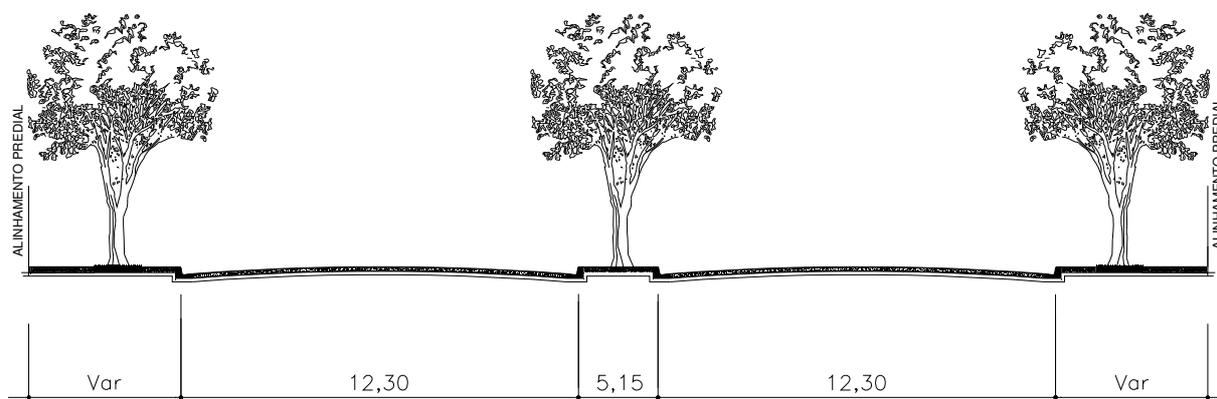


Figura 1: Seção transversal da rodovia

2.3. Simulação computacional

A simulação computacional utiliza os conceitos matemáticos da acústica aplicados em um modelo virtual. O resultado da simulação é utilizado para otimizar a captação dos dados. Vörländer (2008) aponta que os modelos virtuais possuem condições de contorno que devem ser consideradas, como, por exemplo, a geometria da área analisada e a característica da fonte sonora. A Figura 2 um esquema de modelo para simulação para propagação sonora.

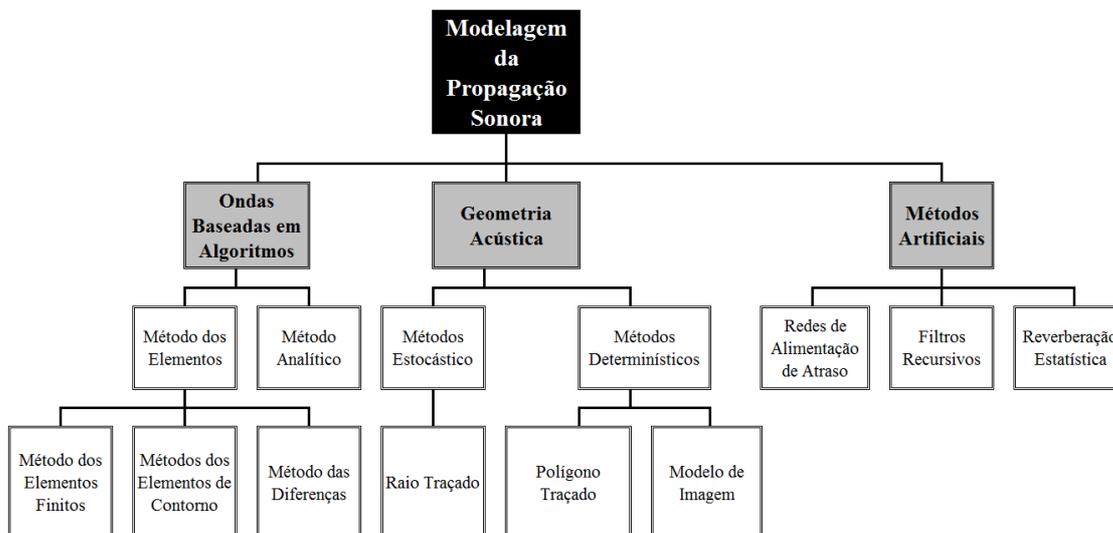


Figura 1: Esquema de modelo para simulação para propagação sonora
Fonte: Adaptado de Vörländer (2008)

2.4. Software SoundPlan®

O SoundPlan® é um *software* que permite a simulação da propagação sonora em ambientes abertos. De acordo com SoundPlan®, o *software* é uma ferramenta para quem trabalha no campo de previsão do ruído e mapeamento sonoro de um ambiente em geral.

Sapata (2010) complementa ainda que se podem realizar as simulações considerando fontes pontuais, fontes lineares, dados topográficos, bem como caracterizar as edificações e as barreiras acústicas.

SoundPlan® afirma ainda que a plataforma utilizada pelo software torna melhor o entendimento do projeto, utilizando-se de tabelas, gráficos e de uma biblioteca com os dados mais relevantes de poluição sonora que podem ser compartilhados pelos usuários.

2.5. Software Custic 3.0®

De acordo com Canarina Software Ambiental, o Custic® é um *software* que trata da avaliação do ruído proveniente de estabelecimentos comerciais e industriais e obras de infraestrutura.

Este *software* gera um mapa de ruído devido a uma fonte linear ou pontual. Nesse mapa é possível se trabalhar com a altitude bem como com diferentes alturas das edificações e a absorção sonora proporcionada pelas superfícies das barreiras.

3. METODOLOGIA

A metodologia apresenta os procedimentos de coleta de dados em campo, a introdução dos dados nos programas e o método de comparação.

3.1. Coleta de dados

O procedimento de coleta de dados seguiu as recomendações da norma NBR 10151 (2000) com duração de 20 minutos em cada interseção. A coleta foi realizada em oito pontos da Avenida Colombo, sendo que os pontos podem ser identificados na Figura 3.



Figura 3: Pontos de coleta de dados na Avenida Colombo
Fonte: Adaptado de Google Earth (2012)

Os dados foram coletados através de medidor de nível de pressão sonora da marca CEM modelo DT-8852 em modo *fast* e o espectro foi coletado em apenas um sentido da via com o medidor da marca 01dB nas faixas de oitava. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados coletados

Pontos	Leq	Faixas de frequências (Hz)										
		16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	75,8	73,4	77,2	84,2	81,1	75,3	74,2	72,1	67,6	62,2	55,0	47,4
2	76,9											
3	75,7	75,8	77,7	82,9	81,5	76,2	74,5	71,8	68,7	64,3	58,6	51,5
4	76,8											
5	77,0	72,1	77,3	84,3	80,5	76,6	73,5	70,6	67,8	63,5	56,6	48,4
6	76,1											
7	76,0	70,8	78,4	83,8	80,5	75,9	73,2	70,7	67,7	62,6	55,9	48,0
8	75,5											

3.2. Introdução dos dados nos *softwares* de simulação

Os dados são inseridos de forma diferente em cada *software*. No SoundPlan® será utilizado como base referência os valores de faixas de frequência para calibração do modelo. Enquanto no Custic® o valor inserido é o nível equivalente sonoro medido.

3.2.1. Inserção dos dados no SoundPlan®

Os dados de entrada necessário para a modelagem da área de simulação no ambiente do *software* SoundPlan® são a topografia, a fonte sonora, as edificações e as barreiras acústicas. Para tanto, importa-se um arquivo no formato *dxf* gerado no *software* Autocad e que contemple tais características. A partir disto, faz-se a modelagem no *software* SoundPlan®. A Figura 4 apresenta a área de simulação abordada neste trabalho já modelada.

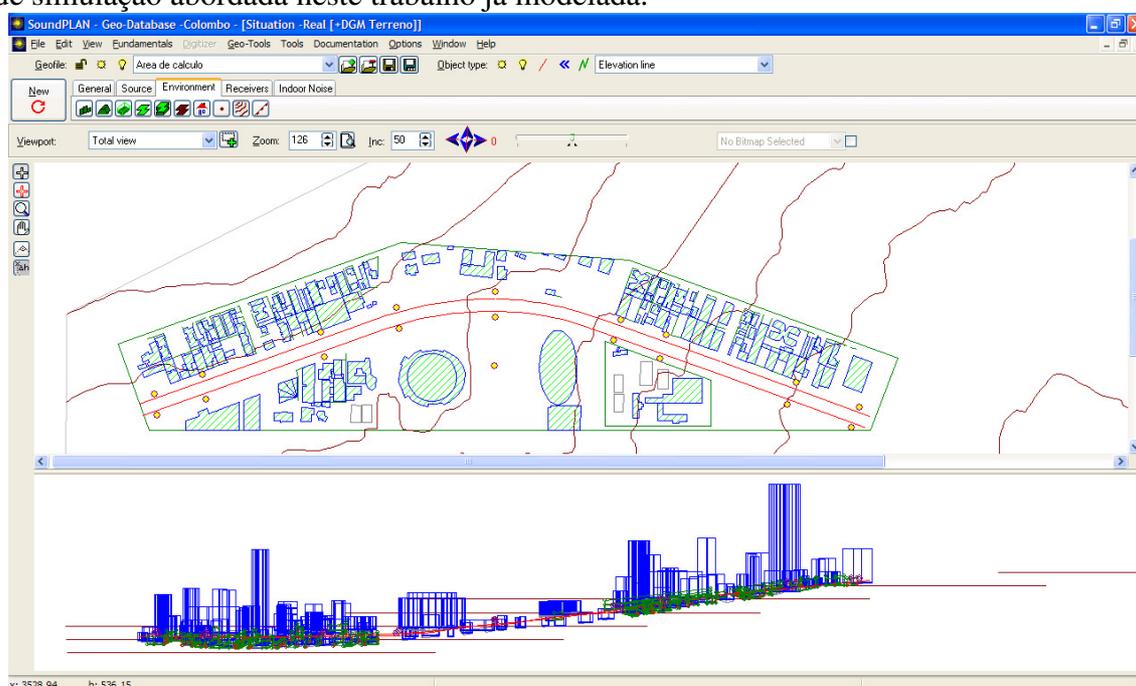


Figura 4: Modelo computacional da área analisada.

As barreiras são superfícies que absorvem, transmitem e refletem a onda sonora de acordo com as características da sua superfície. Na Figura 5 as linhas na cor verde mostram as barreiras acústicas existentes no trecho analisado.

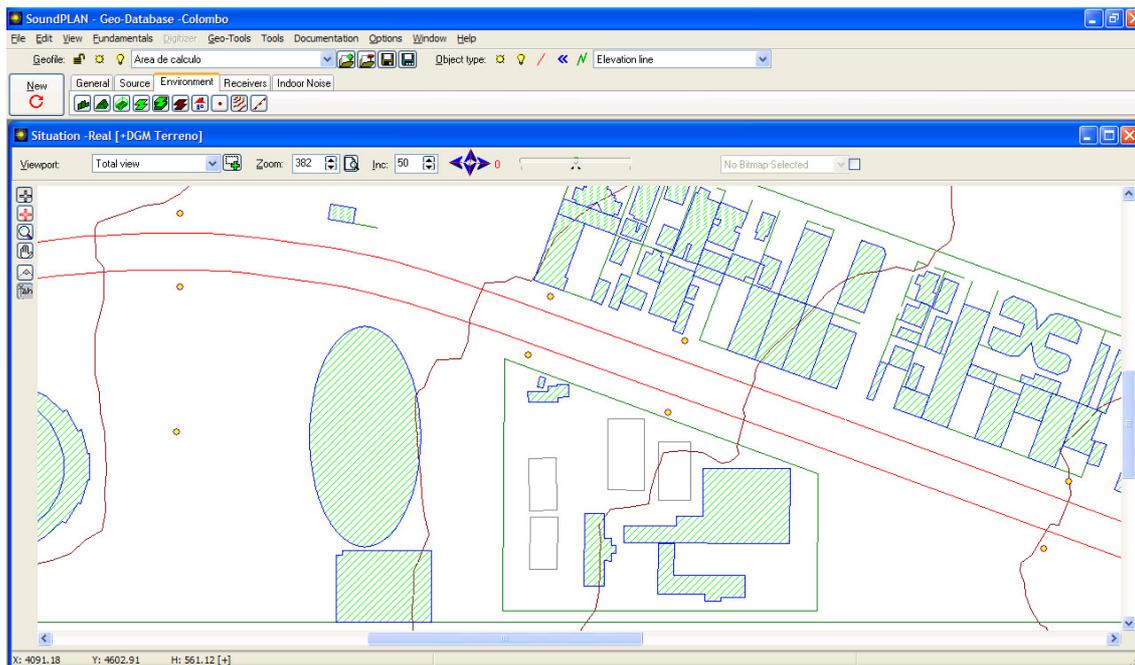


Figura 5: Visualização das barreiras acústicas no software SoundPlan®

Observada à distância, a Avenida Colombo pode ser traduzida por uma fonte linear de ruído, como ilustram as linhas vermelhas na Figura 6. A fonte sonora é modelada com a inserção dos dados de nível de pressão sonora em função das frequências mensurados na região. A validação do modelo é feita por meio da calibração da potência sonora, de forma que no modelo haja pontos com equivalência de nível sonoro de acordo com os pontos de monitoramento da situação real. Também na Figura 6 observa-se um exemplo da inserção dos valores de nível de pressão sonora em função da frequência.

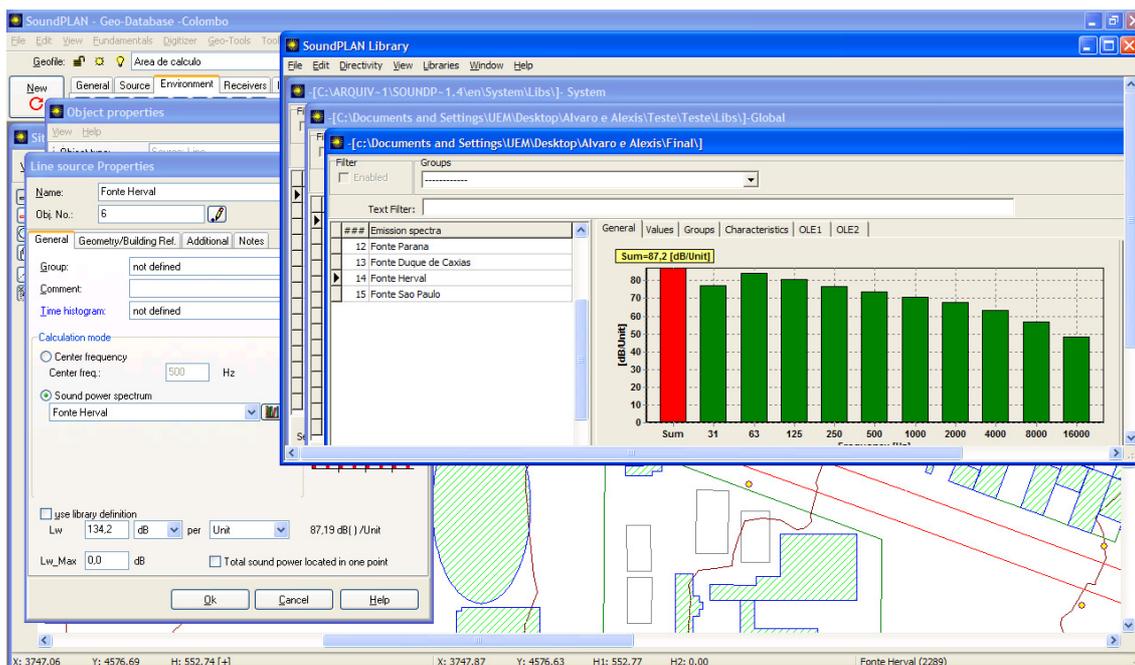


Figura 6: Inserção de fontes sonora linear no software SoundPlan®

O resultado da simulação é o mapa de ruído que será apresentado no item 4.

3.2.2. Inserção dos dados no Custic 3.0[®]

De modo análogo à inserção dos dados no programa SoundPlan[®], primeiramente deve-se inserir uma figura da região analisada, com a representação da via e contorno das edificações no entorno, conforme ilustrado pela Figura 7.

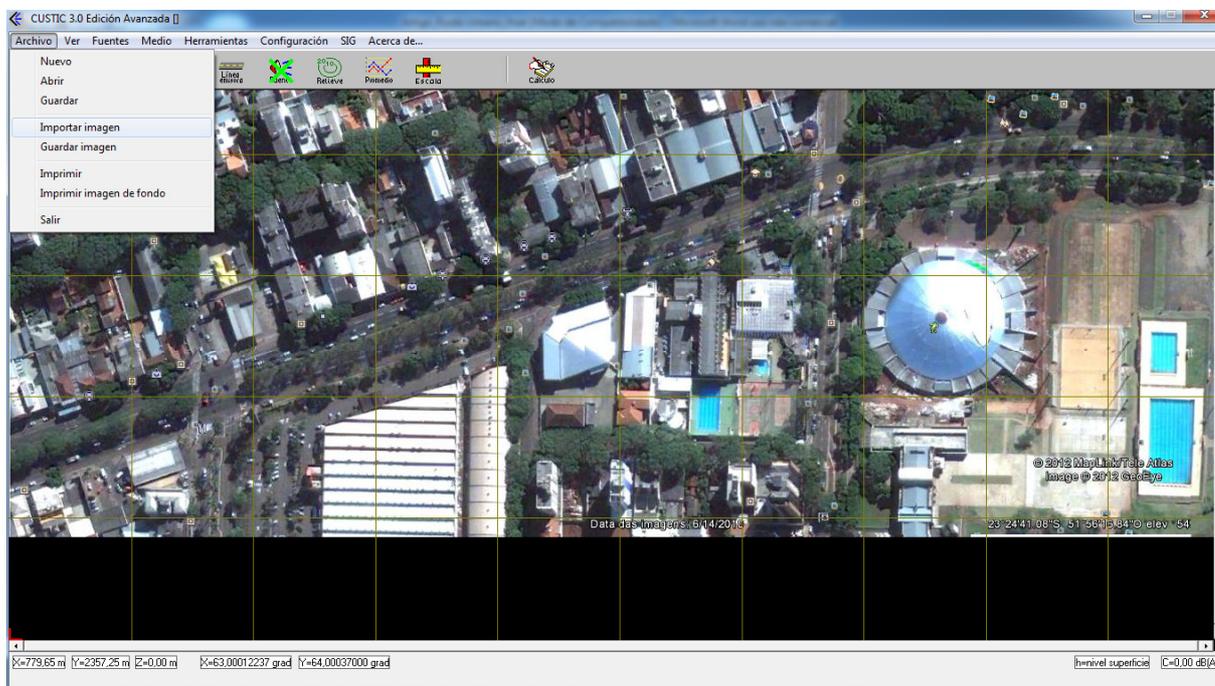


Figura 7: Imagem do trecho inserido no programa

Após, insere-se as barreiras com a absorção e a altura das edificações. A inserção é feita pontuando os vértices das edificações e barreiras. A Figura 8 ilustra na caixa de diálogo a inserção da altura da barreira e a absorção, enquanto que em segundo plano é representado na cor magenta o perímetro demarcado da edificação.

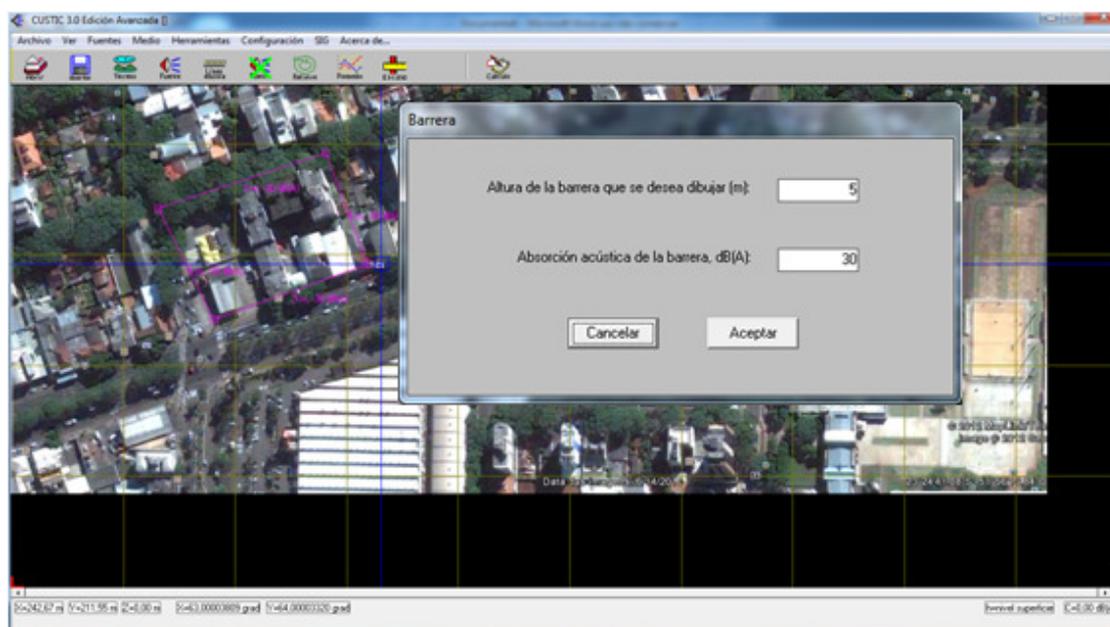


Figura 8: Inserção das barreiras no trecho

Em seguida é inserido a fonte linear com a somatória logarítmica do nível equivalente coletado representando a via, conforme indicado pela Figura 9.

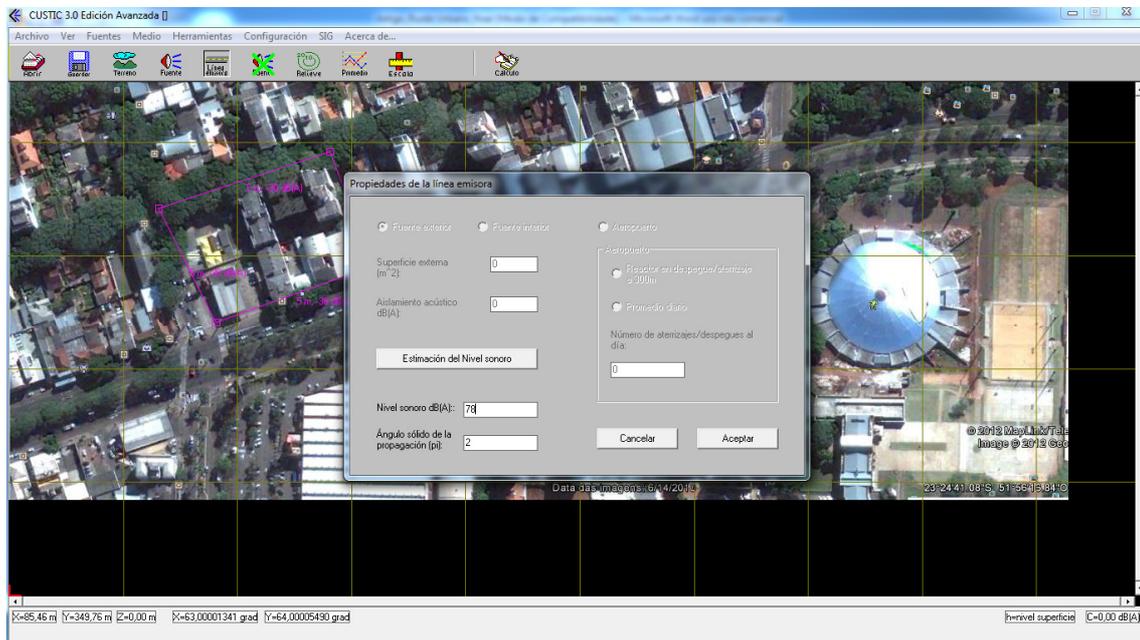


Figura 9: Inserção da fonte linear no trecho

Após a inserção de todos os dados relevantes, gera-se o mapa de ruído da avenida no trecho em análise. O resultado é apresentado no item 4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são mapas acústicos de espalhamento do ruído, a figura 10 representa o mapa gerado pelo *software* SoundPlan® e a figura 11 o mapa resultante do *software* Custic®.

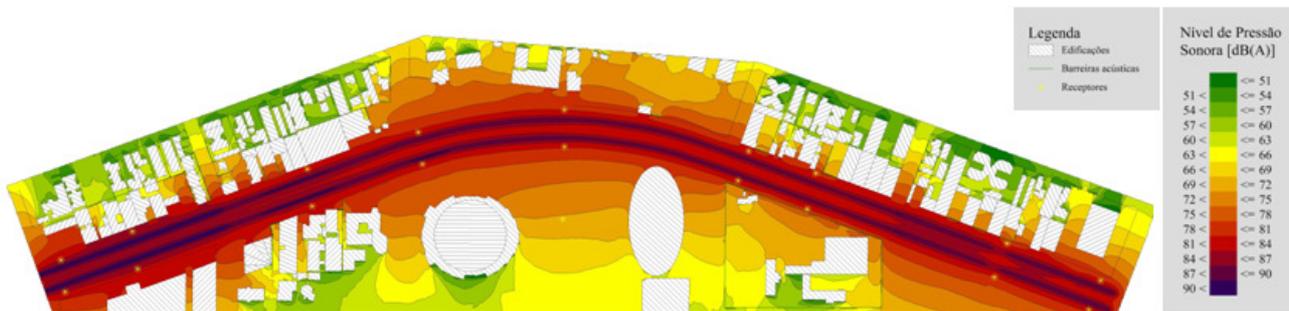


Figura 7: Mapa de ruído do trecho analisado - SoundPlan®

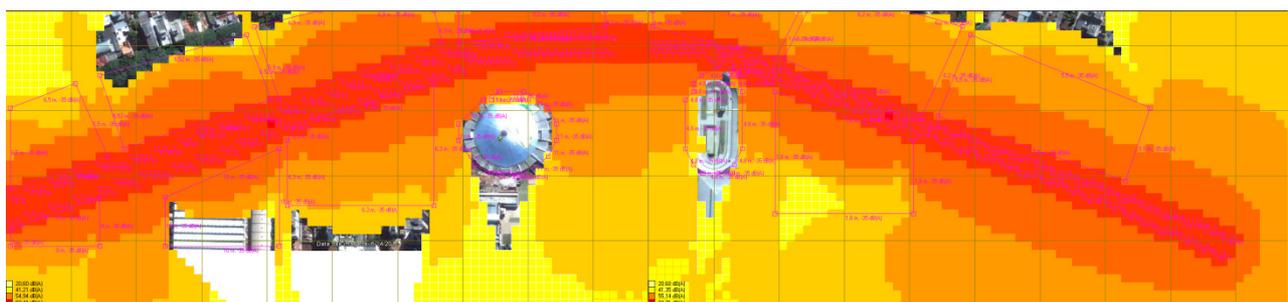


Figura 11: Mapa de ruído gerado pelo software Custic

Os níveis sonoros resultantes dos *softwares* em cada ponto de medição *in loco* são evidenciados na tabela 3.

Tabela 3: Níveis sonoros gerados pelos *Softwares* nos pontos de medição

Pontos	Leq medido	SondPlan®		Custic®	
		Leq	Desvio	Leq	Desvio
1	75,8	75,9	0,1%	78,5	3,6%
2	76,9	75,7	1,6%	78,9	2,6%
3	75,7	73,3	3,2%	80,3	6,1%
4	76,8	75,8	1,3%	75,4	1,8%
5	77,0	72,6	5,7%	79,1	2,7%
6	76,1	73,1	3,9%	80,8	6,2%
7	76,0	72,5	4,6%	78,1	2,8%
8	75,5	73,0	3,3%	74,0	2,0%

Os desvios mostram que há uma proximidade nos resultados dos dois programas, ou seja, é válida a confiabilidade dos resultados em comparação do nível de intensidade sonora equivalente. Embora houveram desvios de até 5,7% para o SoundPlan® e 6,2% para o Custic®.

Os dois softwares geraram o mapa de ruído do trecho analisado, assim como mostrado nas figuras 10 e 11. Entretanto, há algumas diferenças entre os *softwares* referentes à facilidade de manuseio, precisão e riqueza de dados na modelagem.

Em relação ao *software* Custic®, para a geração dos mapas de ruído foi preciso dividir o trecho em duas partes. Isto porque, como o software não permite que seja dado zoom na imagem, foi necessário realizar essa divisão para garantir mais precisão, tanto para a inserção dos pontos quanto para a visualização dos resultados no mapa. Já no software SoundPlan® não foi preciso fazer essas divisões. E, apesar do elevado tempo de processamento para o programa SoundPlan® gerar o mapa de ruído, é possível visualizar em corte inclusive os desníveis do trecho devido à topografia.

Outro ponto observado é que, para a colocação da barreira no Custic®, só é possível inserir a altura da barreira e sua absorção sonora, conforme ilustrado na Figura 9, enquanto que no Software SoundPlan® há uma biblioteca específica com diversos materiais construtivos. Logo, para uma barreira com muitos materiais (por exemplo um muro com alvenaria, chapisco, emboço e reboco) torna-se muito complexo inserir a absorção da camada exposta.

Para a inserção das características da fonte, os dois *softwares* apresentam funções para se colocar dados considerando uma fonte pontual ou fonte linear, bem como o lançamento dos dados pelo método de predição acústica (inserção do Nível Sonoro Equivalente) quanto pelo modelo de medição sistemática (inserção do Volume de Tráfego e NPS). No presente caso de fonte linear, o *software* Custic® se mostrou com uma interface mais amigável, ou seja, é mais fácil para o usuário lançar os dados no Custic® do que no SoundPlan®, devido ao nível de detalhamento exigido pelo segundo.

Outra questão importante que diferencia os dois *softwares* é quanto ao custo, sendo que, apesar de nenhum dos dois serem *softwares* de livre acesso, o software SoundPlan® é muito mais custoso, tornando difícil a sua aquisição por parte dos acadêmicos e pesquisadores da área.

Para melhor ilustração da comparação é mostrado no quadro 1 as diferenças em relação a parâmetros de análise.

Quadro 1: Resumo comparativo entre os Softwares.

Parâmetros	SoundPlan®	Custic®
Entrada de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Vários dados para simulação; - Ferramentas de acesso rápido; - Entrada gráficas com extensões <i>.dxf</i>; - Modelagem tridimensional; - Inserção de dados a partir do espectro sonoro, L_{eq} ou fluxo de da via; 	<ul style="list-style-type: none"> - Tela de interação limitada, sem recurso de zoom; - Poucos dados de entrada; - Entrada gráficas com extensões <i>.bmp</i>; - Modelagem bidimensional; - Dados inseridos a partir do L_{eq} ou do Fluxo da via;
Processo de Cálculo	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo longo de processamento, em torno de 10 horas para a simulação; - Influência do relevo no cálculo 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo curto de processamento, apenas alguns minutos; - Influência apenas da altura em relação ao mar;
Resultados - Dados	<ul style="list-style-type: none"> - Desvio máximo 5,7%; - Desvio Mínimo 0,1%; 	<ul style="list-style-type: none"> - Desvio máximo 6,2%; - Desvio mínimo 1,8%;
Resultados - Mapa	<ul style="list-style-type: none"> - 15 escalas de cores; - Boa qualidade de resolução; 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 escalas de cores; - Baixa resolução;
Saídas de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Dados exportados em <i>.jpeg</i>; <i>.xls</i>; <i>.txt</i>; - Mapas dinâmicos em relação ao tempo; 	<ul style="list-style-type: none"> - Dados exportados em <i>.bmp</i>; - Mapas dinâmicos em relação ao tempo;
Investimento	- 10 vezes maior que o Custic®	- 10 vezes menor que o SoundPlan®

5. CONCLUSÃO

Os estudos revelaram os principais parâmetros a serem analisados quanto ao *software* a ser adquirido. O estudo prévio deve ser realizado em todos os casos de simulação. Para uma investigação precisa da propagação do ruído é necessária a utilização do *software* com mais recursos e escala adequada ao que o projeto se propõe a analisar. Entretanto, se a investigação for apenas para obter a influência das barreiras na dispersão do ruído, um *software* que utiliza modelagem simples é o suficiente.

Os *softwares* analisados são eficazes na modelagem do ruído ambiental, mas o *software* SoundPlan® é eficiente na modelagem do ruído por apresentar dados com maior inteligibilidade ao usuário.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000, 4p.

BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

CANARINA SOFTWARE AMBIENTAL. **Custic Software**. Disponível em: < <http://www.canarina-de.com/ptcustic.htm>>. Acesso em 01Set. 2012.

GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído: fundamentos e controle**. 2ed. Florianópolis: S.N.Y, 2000.

GOOGLE EARTH. Disponível em: < <http://www.Google.com/Earth>>. Acesso em 01Set. 2012.

LISOT et al. **Análise do Ruído para a Implantação de Empreendimentos Imobiliários Horizontais Urbanos. 2005**

SAPATA, A.M.A. **Monitoramento, modelagem e simulação dos impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de cânion urbano da avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá-PR**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

SOUNDPLAN SOFTWARE LTDA. **Soundplan Software**. Disponível em: < <http://www.soundplan.eu/start.php?Spr=eng> >. Acesso em 01Set. 2012.

Trinta, Z.A. (2001) **Contribuição ao estudo das travessias urbanas de pequeno e médio porte por rodovias de longo curso**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

VIRO, G. E. **Protocolo de Mediciones para Trazado de Mapas de Ruído Normalizados**. LACEAC, Buenos Aires, 2002.

VORLÄNDER, M. **Auralization**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.