



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

EMISSÃO DE RUÍDOS DE UMA OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Armando de Mendonça Maroja (1); Sérgio Luiz Garavelli (2)

(1) Doutor, Professor do Curso de Ciências Naturais, amaroja@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Curso de Ciências Naturais,
Planaltina, Brasília-DF, 73300-000. Tel.: (61) 3488-8056

(2) Doutor, Professor do Curso de Física, sergiol@ucb.br
Universidade Católica de Brasília, Curso de Física e Strictu Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental
Águas Claras, Brasília-DF, 71966-700. Tel.: (61) 33569096

RESUMO

O crescimento demográfico experimentado pelas principais cidades brasileiras nas últimas décadas não foi acompanhado de políticas de gestão ambiental necessárias à manutenção da qualidade de vida. A cidade de Águas Claras, DF, Brasil, objeto do presente estudo, com pouco mais de 10 anos, apresenta uma população aproximada de 110 mil habitantes (2009) sendo considerada um dos maiores canteiros de obras da América Latina, com mais de 100 edifícios em construção. A partir de um conjunto de 25 medidas em 10 obras diferentes foram determinados o nível de pressão sonora equivalente $Leq(A)$, o nível de pressão sonora máximo (L_{max}), o ruído de fundo e o espectro de emissão sonora em bandas de oitava característico de cada um dos estágios de uma obra na construção civil: (i) terraplanagem e escavação; (ii) fundações; (iii) estrutura; (iv) acabamento. Em uma microrregião na vizinhança de uma das obras, foi simulado o impacto do ruído gerado por cada uma das etapas da construção, descritas anteriormente. As medidas mostram níveis $Leq(A)$ até 16 dB acima dos definidos pela legislação local. Os espectros acústicos apresentam máximo nas bandas de baixa frequência (63-250 Hz), característicos dos maquinários utilizados na construção civil. Os níveis de pressão sonora gerados durante as várias etapas de uma obra na construção civil são elevados e tem potencial de afetar negativamente a população residente na região circunvizinha a mesma. Os resultados mostram a necessidade da inclusão do tema ruídos nos estudos de impactos ambientais causados pela construção civil, o que possibilitaria a adoção de medidas mitigatórias no período de execução das obras. Os resultados deste trabalho irão auxiliar administradores e legisladores na tomada de decisões, sendo importante também para os construtores, que poderão estabelecer cronogramas de forma a minimizar o incômodo ambiental nas áreas vizinhas às obras.

Palavras-chave: ruído ambiental, construção civil, mapa de ruídos, simulação computacional.

ABSTRACT

The population growth experienced by the main Brazilian cities in recent decades was not accompanied by environmental management policies necessary to maintain the quality of life. The town of Aguas Claras, DF, Brazil, object of the present study, with just over 10 years, has a population of approximately 110,000 inhabitants (2009). It is considered one of the largest construction sites in Latin America, with over 100 buildings under construction. From a set of 25 measures in 10 different construction sites, we determined the equivalent sound pressure level $Leq(A)$, the maximum sound pressure level L_{max} , the background noise and the noise spectrum in octave bands characteristic of the stages of the construction process: (i) land movements, (ii) foundations, (iii) structure, (iv) finishes. In a micro-region in the vicinity of one of the sites, was simulated the impact of noise generated by each of the stages of construction, described above. Measurements show levels $Leq(A)$ 16 dB above those defined by local law. The acoustic spectra show maximum levels in the bands of low frequency, 63-250 Hz, characteristic of the machinery used in construction. The sound pressure level generated during various stages of construction is high and has the potential to negatively affect the resident population in the region surrounding it. The results show the necessity of including the theme of noise in studies of environmental impacts caused by construction, which would allow the adoption of mitigation measures during the execution of works. The results of this study will

assist administrators and legislators in making appropriate decisions, and they are also important for manufacturers, which may establish schedules to minimize the environmental nuisance in the area surrounding the construction sites.

Keywords: environmental noise, construction, noise map, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

O ruído ambiental é cada vez mais percebido e combatido pela população das grandes cidades brasileiras. O crescimento do poder aquisitivo aliado a facilidade de crédito incentivou não só a aquisição de automóveis, incrementando o tráfego de veículos, mas também a construção civil, fontes importantes deste tipo de poluição ambiental. No Distrito Federal (DF) a taxa de aumento da frota de veículos está acima de 8% ao ano (DETRAN-DF, 2011) enquanto na construção civil o aumento do consumo de cimento no Brasil mostra a recuperação desse importante setor da economia a partir de 2004 (SINIC, 2011). Assim o aumento da poluição sonora é visível com a verticalização das regiões centrais das cidades brasileiras, que aumentam ainda mais o tráfego veicular e conseqüentemente os engarrafamentos, contribuindo para a degradação do ambiente acústico nestes locais.

Os problemas provocados pelo excesso de ruídos são muitos, fadiga, perturbações do sono, alterações cardiovasculares, perdas auditivas, estresse, distúrbios digestivos, falta de concentração, entre outros são algumas das conseqüências da contaminação acústica nos seres humanos, prejudicando também o bom desempenho nas atividades profissionais. (WHO, 1999; DANI e GARAVELLI, 2001; MARQUIS-FAVRE *et. al.*, 2005; MARQUIS-FAVRE, PREMAT and AUBRÉE, 2005). A preocupação com a poluição sonora é recente, somente em 1972 que a Organização Mundial de Saúde (OMS) classificou o ruído como mais uma forma de contaminação ambiental (WHO, 1980).

O aumento do ruído nas grandes cidades gerou a necessidade da introdução de medidas de gestão e de redução de ruídos. Nesse sentido, foram aprovadas legislações nacionais e municipais em vários países em anos recentes. O maior avanço na gestão, controle e avaliação do ruído ambiental foi dado pelos países europeus com a Diretiva Européia 2002/49/EC que requer a avaliação acústica através da elaboração de mapas estratégicos de ruído em aglomerados com mais de 250.000 habitantes bem como dos correspondentes planos de ação. No Distrito Federal a lei Nº 4.092/2008 dispõe sobre o controle da poluição sonora e os limites máximos de intensidade da emissão de sons e ruídos resultantes de atividades urbanas e rurais. Esta lei determina que os níveis máximos de pressão sonora permitidos em ambientes externos e internos e os métodos utilizados para sua medição e avaliação são os estabelecidos pelas NBR's 10.151 e 10.152 (ABNT). No DF existe também a preocupação específica com os carros de som através do decreto Nº 23.926/2003 que dispõe sobre a utilização de carros de som, onde estabelece que os níveis sonoros emitidos pelos veículos, deverão observar a legislação pertinente.



Figura 1: Imagem da cidade de Águas Claras
Fonte (RA-XX-2011)

O DF é dividido em regiões administrativas (RA), trinta ao todo (GDF, 2011). Águas Claras, cidade escolhida para a investigação, corresponde a RA-XX, que possui área total de 30,5km². Local eleito para expansão urbana com a construção do metrô DF tem como eixo estruturador de sua região central a linha do metrô. Em 2009 a população era de 100 mil habitantes. Com mais de dez anos a cidade ainda é considerada um dos maiores canteiros de obras do Brasil, com dezenas de prédios em construção. A Figura 1 mostra a região central de Águas Claras, verticalizada, com cerca de 8,0 km². Observa-se ao centro o eixo do metrô que é de superfície, tipo trincheira, ao longo da cidade. A esquerda do eixo do metrô está a região Sul da cidade e a direita a região Norte.

Os potenciais efeitos do ruído na vizinhança de obras podem ser divididos em impactos de curto prazo e de longo prazo. Os de curto prazo resultam do ruído gerado pelos equipamentos durante a fase de construção e os de longo prazo estão associados com o ruído do tráfego futuro gerado pelo funcionamento do empreendimento. O principal impacto do ruído de curto prazo ocorre durante a construção. O ruído gerado por equipamentos de construção, incluindo movimentação de terra, motores e outros equipamentos utilizados durante uma construção, podem atingir níveis elevados. Nos EUA a agência *Sacramento County Water Agency* verificou que os níveis de pressão sonora dos equipamentos mais ruidosos nos locais de construção variam tipicamente de 88 dB(A) a 91 dB(A), isto a uma distância de aproximadamente 15 metros (SCWA, 2010). No relatório desta Agência consta ainda que os ciclos de operação típicos podem durar 2 minutos em potência máxima, seguido por 3 ou 4 minutos em configurações mais baixas. Neste estudo os espectros de ruídos encontrados foram semelhantes para as diversas fases de construção. Níveis de ruído de pico variaram de 79 dB(A) a 88 dB(A) a uma distância de 15 m durante a fase de construção.

A análise dos ruídos que os diversos estágios de uma obra da construção civil causam nas vizinhanças é assim uma necessidade, pois em conjunto com o tráfego veicular, as construções são uma das principais fontes do ruído ambiental. Águas Claras é uma cidade em construção, pois em cada rua, em cada quadra, existe um prédio em construção. SILVA (2011), avaliando a percepção ao ruído ambiental em nessa cidade verificou que 80% dos respondentes consideram as construções/obras como principal fonte do ruído ambiental. Este resultado contraria a maioria das investigações de percepção sonora que apontam o tráfego veicular como fonte principal. Quanto à evolução do ruído, 48% dos respondentes declaram tê-lo percebidos aumentar nos últimos seis meses.

Por outro lado não pode ser esquecido o ruído no interior da obra. Menezes (2002) avaliou o ambiente sonoro de uma obra de construção de uma casa de dois pavimentos em Maringá-PR, analisando inclusive a percepção dos operários e da comunidade. Realizou também o mapeamento dos ruídos no interior do lote relativo aos vários estágios da obra e aos equipamentos utilizados. Constatou que tanto os operários como a vizinhança estão submetidos a níveis sonoros bem acima dos estabelecidos pela legislação vigente. Segundo o mesmo autor “Canteiros de obra de construções residenciais em áreas da cidade com baixo nível de ruído de fundo afetam não só os trabalhadores dessa atividade como, também, toda a comunidade ao redor.”

Maia (1999) analisa o potencial de risco das perdas auditivas induzidas pelo ruído em trabalhadores da construção civil. O autor concluiu-se que para a função de carpinteiros existe um potencial de risco de perdas auditivas significativas, abrangendo, pelo menos, 50% da população dos trabalhadores. Em 2001 na sua tese de doutoramento (MAIA, 2001) desenvolve um método de estimativa de exposições não contínuas ao ruído. A aplicação desse método resulta em um índice representativo da real exposição ao ruído ocupacional de trabalhadores cujas atividades apresentam uma grande variação dos níveis médios de ruído quando computados diariamente. O método proposto baseou-se no princípio de igual energia. Os resultados do método proposto estão relacionados pela efetividade de causar dano auditivo, isto é, as perdas induzidas pelo ruído oriundas de exposição não contínua são expressas, aqui, por um nível de exposição normalizado de exposição contínua.

Maia e Bertoli (1988) fizeram uma avaliação da exposição ao ruído de trabalhadores da construção civil e tiveram como resultados principais que os mesmos apresentaram perdas auditivas significativas principalmente nas atividades de carpintaria e operações de máquinas, assim como os que ficaram expostos a ruídos por mais de dez anos. Roth e Garcias (2009) fizeram um levantamento dos principais agentes impactantes da construção civil.

A grande quantidade de edificações em construção em Águas Claras é uma oportunidade de realizar a investigação dos níveis de ruído emitidos nos diversos estágios de uma obra da construção civil. A metodologia a utilizada é baseada em Ballesteros *et. al.* (2009), adequada à cidade de Águas Claras, onde a predominância é de edifícios em construção. Outro diferencial é que o artigo investiga a evolução de uma única obra durante um período de mais de um ano. Em Águas Claras será possível realizar as médias em relação a várias obras em estágios diferentes ao mesmo tempo. Também serão avaliados os espectros de emissão característicos de cada estágio.

2. OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo principal determinar o nível de pressão sonora equivalente $Leq(A)$ emitido durante os estágios de uma obra na construção civil, a partir de uma média realizada em vários canteiros de obra.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Por questões de praticidade dividimos a metodologia em duas etapas:

1. Medidas acústicas dos níveis de pressão sonora (NPS) emitidos por obras;
2. Simulação dos NPS emitidos durante três principais estágios na construção um edifício residencial;

3.1. Medidas acústicas

Os parâmetros acústicos de interesse na análise do ruído ambiental são definidos a partir do nível de pressão sonora (NPS) equivalente $Leq(A)$: nível do ruído contínuo equivalente ao som produzido durante um dado período de tempo medido com o filtro de frequências na ponderação A.

Em uma campanha são realizadas várias medidas em cada posição de interesse, o nível sonoro médio determinado a partir dessa série de medidas é calculado de acordo com NBR 10.151 (ABNT, 2000) pela equação:

$$Leq(A) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2}{P_0^2} dt \right) \quad \text{Equação 1}$$

onde T é tempo de integração:

Os parâmetros L_{min} , L_{max} e os níveis estatísticos L_{10} , L_{90} também foram avaliados, sendo definidos como:

- L_{min} : menor nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo;
- L_{max} : maior nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo;
- L_{10} : nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo de medida efetiva;
- L_{90} : nível de pressão sonora excedido em 90% do tempo de medida efetiva, que foi adotado como o ruído de fundo do local.

Foram selecionadas 10 obras em Águas Claras, onde a coleta de dados foi realizada. Nestes locais foram realizadas 25 medidas dos níveis de pressão sonora emitidos durante os seguintes estágios das obras: (i) terraplanagem e escavação, (ii) fundações, (iii) estrutura, (iv) acabamento. Os parâmetros avaliados foram: $Leq(A)$, L_{min} , L_{max} e os níveis estatísticos L_{10} , L_{90} além do ruído de fundo e o espectro de emissão sonora em bandas de oitava característico de cada um dos estágios.

Os canteiros de obra selecionados para as medidas estão localizados tanto na região Norte como na região Sul da cidade. Foi dada preferência a canteiros no meio da quadra, evitando o ruído excessivo das avenidas principais da cidade, Araucárias e Castanheiras.

As avaliações foram realizadas a uma distância de 12 metros do limite da obra durante um intervalo de tempo de 15 min, tempo considerado suficiente por outros pesquisadores para caracterizar o este tipo de ruído (BALLESTEROS *et. al.*, 2009). Os horários selecionados para a coleta de dados foram no final da manhã e início da tarde, quando as obras estão em seu funcionamento pleno. O ruído de fundo foi determinado a partir do nível estatístico L_{90} .

Durante as medidas foram seguidas as recomendações da norma técnica NBR 10.151, foram efetuadas no exterior a uma distância de pelo menos 2,0 m de qualquer estrutura refletora e a uma altura do solo de 1,5m do solo, os níveis medidos em resposta rápida (fast) e a cada 1 s, com filtro no modo de compensação A. Foram utilizados protetores de vento nos medidores e as medidas foram realizadas em dias normais da semana, sem chuva e baixa velocidade do vento. Cada ponto foi localizado com o GPS (Global Positioning System).

A coleta de dados ocorreu no período entre 09/2009 e 05/2010, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro foram evitados devido ao período de chuvas na região e também pela diminuição do ritmo das obras neste período.

Os equipamentos utilizados foram: Medidores do nível de pressão sonora: SOLO da 01 dB, com protetores de vento e tripés, equipado com filtro de bandas de oitavas; Calibrador acústico marca 01 dB e GPS, marca Garmin.

Os resultados obtidos foram comparados com os limites indicados pela NBR 10.151 (ABNT, 2000) que estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Nível Critério de Avaliação - NCA para ambientes externos, em dB(A), NBR 10.151

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana	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 predominantemente industrial	70	60

3.2. Simulação dos níveis de pressão sonora emitidos durante os estágios da obra

Em uma micro-região, situada na Rua 9 Norte, na vizinhança de uma das obras, foi simulado o impacto do ruído gerado por cada uma das etapas da construção, descritas anteriormente. A local do estudo compreende uma região maior do que a de interesse, a fim de evitar efeitos indesejáveis no contorno do mapa.

Os mapas de ruído foram elaborados com o uso de modelagem computacional através do software SoundPLAN. A simulação foi realizada considerando-se uma fonte de ruído pontual no centro do terreno ocupado pela obra. A intensidade da fonte foi ajustada, considerando-se o decaimento logarítmico do nível de pressão sonora com a distância, de modo que a 12 m do limite da obra o nível simulado fosse igual ao medido. Como valor medido foi considerado o valor médio para o estágio da obra em análise. Na simulação considerou-se a altura dos prédios como sendo de 14 andares e que todos os lotes da Rua 9 Norte estavam ocupados com exceção do lote em construção.

Foram produzidos dois tipos de mapas de ruído: mapa de grelha e mapa de fachadas. Na elaboração do mapa de grelha foi utilizada uma resolução espacial de 1x1. O mapa foi calculado a uma altura de 2m. Na elaboração do mapa de fachadas, receptores foram ajustados nas fachadas dos prédios vizinhos a obra, em cada um dos andares, distanciados de 2m. Assim temos a visão precisa dos níveis de pressão sonora em cada andar.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Resultados das medidas acústicas

A Tabela 2 apresenta os níveis de pressão sonora característicos de cada estágio da obra, determinados a partir da média logarítmica relativa a pelo menos 4 medidas. No período de realização das medidas não havia muitas obras nos estágios: (i) terraplanagem e escavação e (ii) fundações, assim agrupamos estes estágios em uma mesma categoria.

Semelhante aos resultados da Agencia de Sacramento (SCWA, 2010), que observou picos entre 79 e 88 dB(A), este estudo encontrou picos variando entre 77 a 85 dB(A), porém foi observado que os níveis de pressão sonora variam dependendo da etapa, as mais ruidosas foram (i) terraplanagem e escavação e (ii) fundações, seguida da fase da construção da (iii) estrutura e finalmente pelo (iv) acabamento. Os valores para o nível equivalente de pressão sonora (L_{Aeq}) seguem esta mesma ordem de intensidade.

Tabela 2: Média logarítmica dos níveis de pressão sonora característicos de cada estágio da obra

Estágio da obra	Lmin dB(A)	L90 dB(A)	Leq dB(A)	L10 dB(A)	Lmax dB(A)
(i) terraplanagem e escavação e (ii) fundações	61	60	71	72	85
(iii) estrutura;	54	58	65	67	80
(iv) acabamento.	52	55	62	64	77

Os níveis de pressão sonora determinados encontram-se acima dos estabelecidos pela legislação vigente, expressos na Tabela 1, onde a região de estudo foi classificada como “área mista, predominantemente residencial”. Estes dados corroboram com os resultados obtidos por Silva (2011), numa pesquisa que avaliou a percepção da população em relação aos ruídos em Águas Claras.

A média logarítmica dos L90 das etapas que corresponde a 58,1 dB(A), representa o ruído de fundo. Este valor supera em mais de 3 dB(A) o limite indicado pela legislação vigente, 55 dB(A) para estes locais, o resultado aponta assim para uma contaminação acústica dos locais avaliados.

Nas figuras abaixo são mostrados exemplos de espectros sonoros de medidas relativas ao estágio (i) na figura 2, ao estágio (iii) na figura 3 e ao estágio (iv) na figura 4. Os espectros apresentam picos acentuados na frequência de 63 Hz. Os ruídos com esta característica têm potencial de incômodo ao ser humano maior do que uma distribuição uniforme no espectro. Outra característica comum que pode ser observado entre os espectros correspondentes às várias etapas é a baixa intensidade para os sons com altas frequências.

As maiores intensidades estão concentradas nas bandas de baixas frequências, isto é, menores que 500 Hz. Uma vibração de 100 Hz corresponde a 6000 vibrações por minuto, que é da ordem de grandeza das frequências de rotação típica de serras, furadeiras, motores e outros equipamentos utilizados na construção civil.

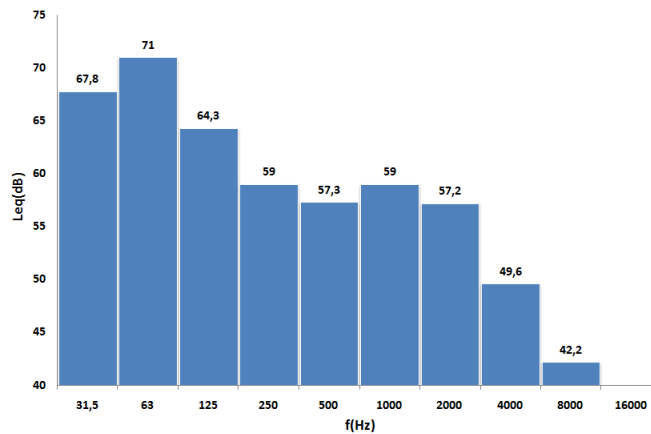


Figura 2: Espectro sonoro em bandas de oitava, estágio (i)

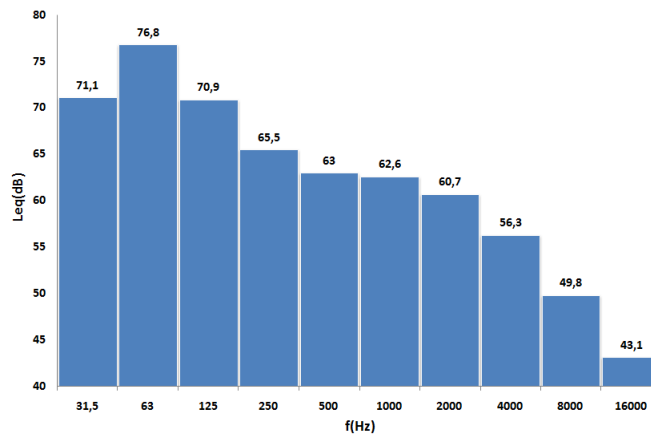


Figura 3: Espectro sonoro em bandas de oitava, estágio (iii)

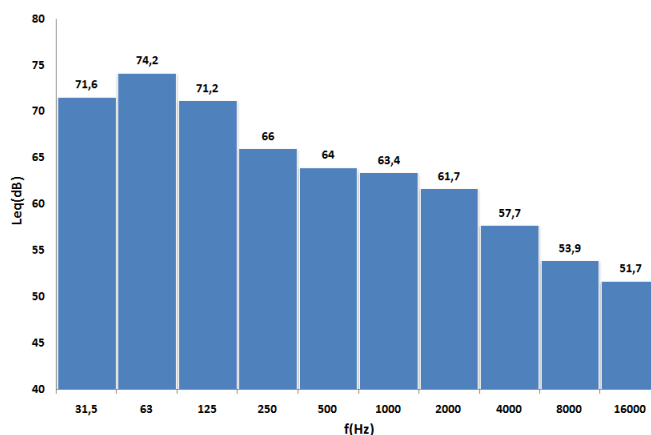


Figura 4: Espectro sonoro em bandas de oitava, estágio (iv)

4.2. Resultados da simulação

A Figura 5 mostra o resultado para a simulação da propagação do ruído emitido durante as etapas (i) e (ii), foi simulada uma fonte posicionada no centro da construção emitindo um nível de pressão sonora constante correspondendo ao valor médio obtido no estágio, corrigido pelo decaimento logarítmico do NPS com a distância. É possível observar as sombras acústicas provocadas pelos edifícios posicionados ao redor da construção e a propagação até distâncias maiores para os casos em que não há a atenuação devido a edificações existentes.

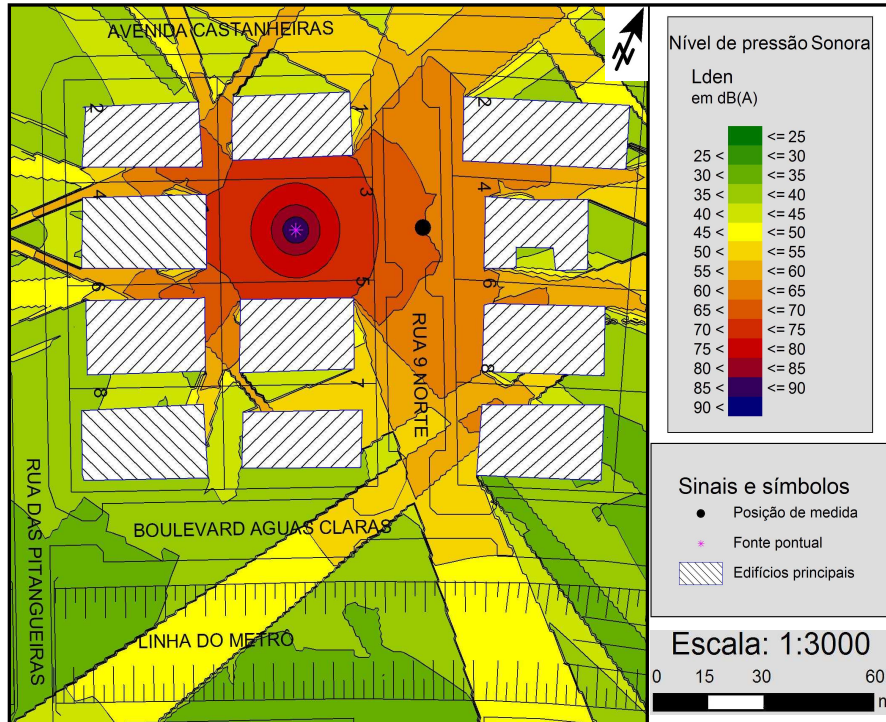


Figura 5 - Mapa ruído para as etapas (i) e (ii).

A simulação referente ao estágio (iii) que corresponde à etapa da estrutura é apresentada na Figura 6 e do estágio (iv), acabamento, na Figura 7, os resultados são similares, com a diferença que neste estágio os níveis de pressão sonora emitidos pela construção são ligeiramente menores. Nos três casos pode ser avistada a posição de realização das medidas, logo a frente do edifício em construção, como um círculo preto. No terceiro mapa de ruído o nível de pressão sonora neste local é menor.

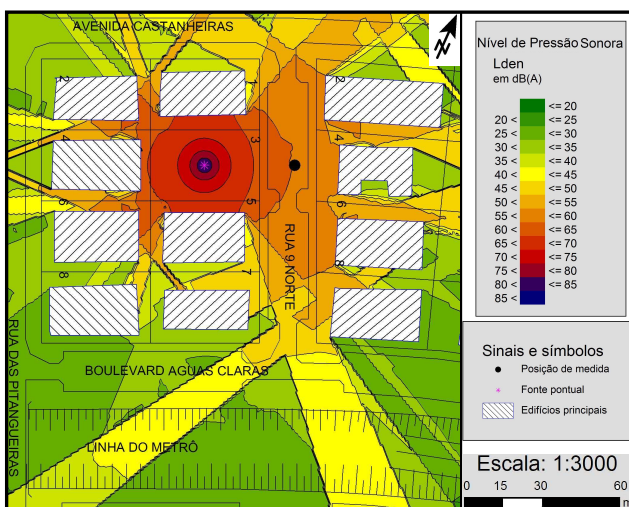


Figura 6: Mapa de ruído para a etapa (iii)

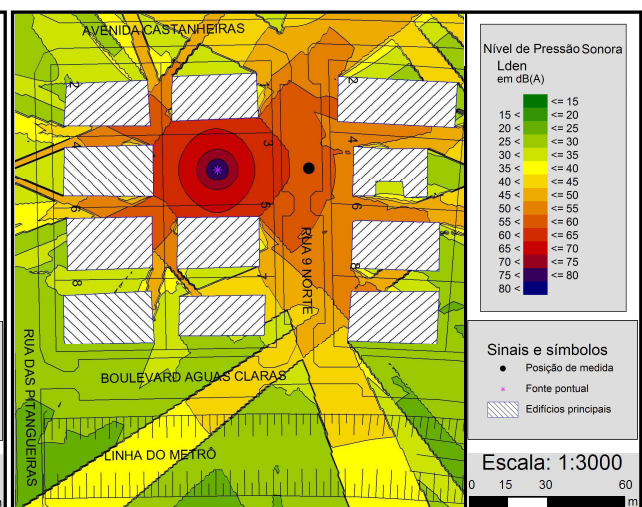


Figura 7: Mapa de ruído para a etapa (iv)

O mapa de ruído simulado referente ao ruído que chega à fachada dos edifícios mais próximos está apresentado na Figura 8. Neste caso a simulação foi feita somente para uma das etapas da obra (i), terraplanagem e escavação, com o nível máximo emitido pela obra. Pode-se observar que os níveis de pressão sonora que atingem a fachada dos edifícios são elevados e com grande potencial de incômodo aos residentes nos prédios vizinhos. Este resultado corrobora com os obtidos por Silva (2011), isto é, numa cidade com grande número de construções, o ruído gerado pelas obras é a principal fonte de incômodo quando se avalia a poluição sonora.

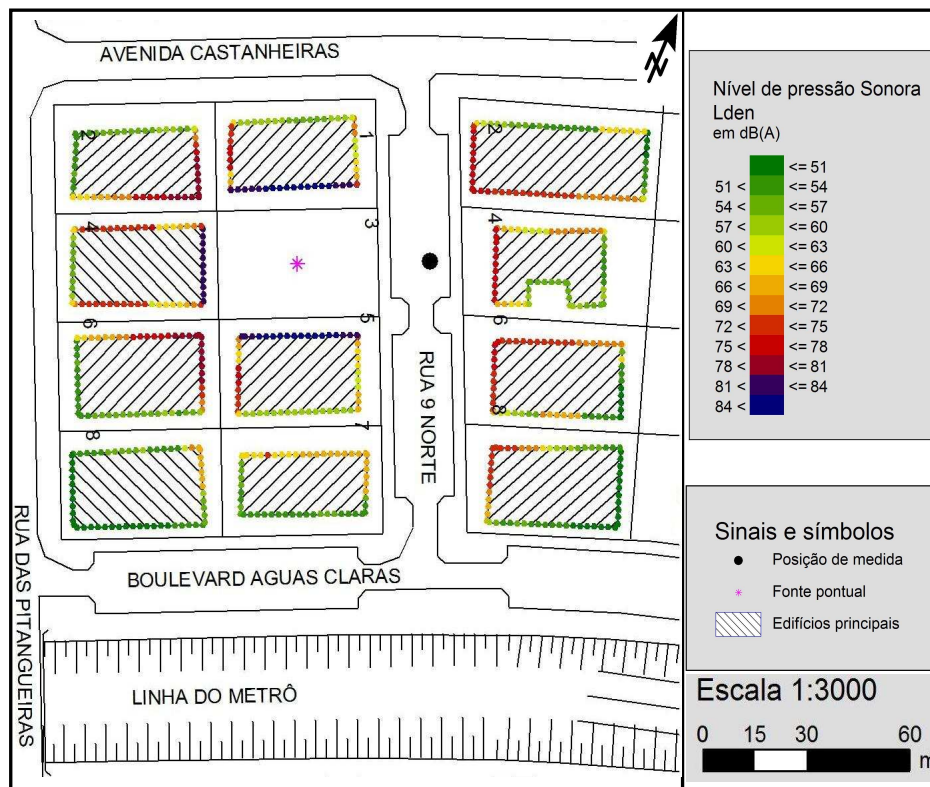


Figura 8: Mapa do ruído de fachada, estágio (i), terraplanagem e escavação.

5. CONCLUSÕES

Os NPS gerados pelas construções estão acima do limite estabelecido pela NBR 10151, e pela Legislação Distrital (4092/2008), corroborando com a pesquisa anterior (SILVA, 2011) referente a percepção da população. Águas Claras é uma cidade com clima acústico deteriorado, mesmo o ruído de fundo está acima do limite.

A análise do espectro em bandas de oitava dos vários estágios não mostrou diferença significativa. Os espectros acústicos apresentam máximo nas bandas de baixa frequência, característica dos maquinários utilizados nas obras.

Os níveis de pressão gerados durante as várias etapas de uma obra na construção civil são elevados e tem potencial de afetar negativamente a população residente na região circunvizinha a mesma. Os resultados mostram a necessidade da inclusão do tema ruídos nos estudos de impactos ambientais causados pela construção civil, o que possibilitaria a adoção de medidas mitigatórias no período de execução das obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR – 10.151**: Acústica - Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR – 10.152**: Acústica - Avaliação do ruído ambiente em recintos de edificações visando o conforto dos usuários - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987. 5 p.
- BALLESTEROS, M. J., FERNÁNDEZ, M.D., Quintana, S. (2010). Noise emission evolution on construction sites. Measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment. **Building and Environment**. 45: 711-717.
- DANI A. e GARAVELLI S. L. Principais Efeitos da Poluição Sonora em Seres Humanos, **Revista Universa**. 9, 659-678, 2001.
- DETRAN DF. **Estatísticas**. <<http://www.detran.df.gov.br/>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2011.

- DIRECTIVA 2002/49/EC. **Relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.** <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF>>. Acesso em 17 de julho de 2009.
- DISTRITO FEDERAL (Brasil). **Decreto Distrital N° 23. 926**, de 18 de julho de 2003 - Dispõe sobre a utilização de carros de som e dá outras providências; Brasília: Câmara Distrital, 2003.
- _____. **Lei Distrital N° 4.092**, de 12 de março de 2008 – Dispõe sobre o controle da poluição sonora e os limites máximos de intensidade da emissão de sons e ruídos resultantes de atividades urbanas e rurais; Brasília: Câmara Distrital, 2008.
- GDF, **Portal do cidadão, tudo sobre o DF** <<http://www.gdf.df.gov.br/045/04501018.asp>>. Acesso em 10 de março de 2011.
- MAIA, P. A. **O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP, Campinas, 1999.
- MAIA, P. A. Estimativa de exposições não contínuas a ruído: desenvolvimento de um método e validação na construção civil. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP, Campinas, 2001.
- MAIA, P. A.; BERTOLI, S. R. O ruído e seus efeitos no homem da construção civil. **Anais... ENTAC 98**, VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Qualidade no Ambiente Construído. Florianópolis, 1998.
- MARQUIS-FAVRE C. et al. Noise and its Effects – A review on Quantitative Aspect of Sound. Part I: Notions and Acoustic Ratings, **Acta Acustica**, 91, 613-625, 2005.
- MARQUIS-FAVRE C.; PREMAT E. and AUBRÉE D. Noise and its Effects – A review on Quantitative Aspect of Sound. Part II: Noise and Annoyance, **Acta Acustica**, 91, 626-642, 2005.
- MENEZES JR, C. T., **Ambiente sonoro em canteiro de obra da construção civil. Estudo de caso: Maringá – PR**, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 19/10/2002.
- SCWA, Sacramento County Water Agency, **Noise**, <www.msa2.saccounty.net/.../Z40%20Sect%204.4%20Noise.pdf> Acesso em 05 de julho de 2010.
- RA XX, **Conheça Águas Claras.** <<http://www.aguasclaras.df.gov.br/>>. Acesso em 10 de março de 2011.
- ROTH, C. G. e GARCÍAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento em Questão**, 2009, vol. <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=75212355006>> Acesso em 05 de fevereiro de 2011.
- SILVA, D. R. **O ruído ambiental na cidade de Águas Claras- DF: Percepção e realidade.** Dissertação de Mestrado, Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.
- SINIC. **Sindicato Nacional da Indústria do Cimento.** <<http://www.snic.org.br/pdf/relat2009-10web.pdf>>. Acesso em 10 de março de 2011.
- WHO, **Noise, Environmental Health Criteria**, Document n°12, Geneva, Switzerland, 1980.
- _____. **Guidelines for Community Noise.** 1999. London: WHO, 1999.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DPP/UnB, ao CNPq-475116/2009-7 e à Universidade Católica de Brasília pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto. Ao aluno do Curso de Engenharia Ambiental da UCB, Fernando B. Cavalcante, pela colaboração na realização das medições.