

Avaliação do conforto sonoro no município de Belo Horizonte

Acoustic Comfort Evaluation in the Municipality of Belo Horizonte

Cássio Soares Martins

Engenheiro Agrônomo (UFV), Mestre em Geografia (UFMG), Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído (UFMG), Engenheiro na Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSU) da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH)

Agronomist (UFV), Master in Geography (UFMG), Specialist in Technological Systems and Sustainability Applied to the Built Environment (UFMG), Engineer at the Municipal Department of Urban Services (SMSU) of the Belo Horizonte City Council (PBH)

✉ cassio.martins@pbh.gov.br

Roberto Murta Filho

Graduado em Ciência da Informação (UFMG), Fiscal Integrado da Gerência Regional de Licenciamento e Fiscalização Integrada – Regional Centro Sul – GRFIL-CS / GERFI4-CS / Prefeitura de Belo Horizonte

Graduate in Information Science (UFMG), Integrated Supervisor of the Regional Management of Licensing and Integrated Inspection – Central-South Region – GRFIL-CS / GERFI4-CS / Belo Horizonte City Council

✉ murtafilho@gmail.com

Resumo

Este artigo tem por objetivo analisar o conforto sonoro no município de Belo Horizonte, de acordo com os limites de imissão de ruídos estabelecidos pela Lei nº 9.505/08. Utilizando-se técnicas geoestatísticas, foi possível estimar o ruído ambiente para diferentes faixas de horários do dia e compará-lo com os limites estabelecidos pela lei. Os resultados gerados forneceram importantes informações para a gestão do ruído no município e para a formulação de políticas públicas de controle da poluição sonora.

Palavras-chave

Ruído, poluição sonora, conforto sonoro, mapas sonoros, política pública

Abstract

This article aims to analyze the acoustic comfort in the municipality of Belo Horizonte, in accordance with the noise immission limits established by Law no. 9.505/08. Using geo-statistical techniques, it was possible to estimate the ambient noise for different times of the day and compare it to the limits established by the law. The results provide important information for noise management in the municipality and for the formulation of public policies to control noise pollution.

Key words

Noise, noise pollution, acoustic comfort, sound maps, public policy

Introdução

A poluição sonora tem sido apontada como uma das principais formas de degradação ambiental dos centros urbanos, alterando a qualidade de vida das pessoas (COSTA, 1994). É considerada uma das maiores fontes de estresse para a saúde (BELL *et al.*, 1990), repercutindo não somente em relação à audição, mas prejudicando diversos outros órgãos e funções do organismo humano. Nesse sentido, legislações de controle de ruído têm sido utilizadas como mecanismo de proteção da coletividade quanto aos efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a níveis excessivos de ruído (SILVA, 2003). No Brasil, a política nacional em relação à poluição sonora tem como referência as normas técnicas NBR 10.151 e NBR 10.152, que estabelecem os níveis de ruído que devem ser utilizados para assegurar a saúde e ambientes internos e externos acusticamente satisfatórios. No município de Belo Horizonte, a Lei Municipal nº 9.505/08 dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações, estabelecendo os limites de emissão (pressão sonora que chega ao local de medição) segundo faixas de

horários predefinidos (Tabela 1) e critérios a serem utilizados nas medições de verificação.

TABELA1. Limites de emissão de ruído segundo faixas de horários

Período	Nível de ruído
Diurno (das 7h01min às 19h)	70 dB(A)
Vespertino (das 19h01min às 22h)	60 dB(A)
Noturno1 (das 22h01min às 23h59min)	50 dB(A)
Noturno2 (da 0h às 7h)	45 dB(A)

Fonte: Lei Municipal de Belo Horizonte nº 9.505/08

O município de Belo Horizonte, por meio do programa Disque Sossego (PBH, 2012), verifica continuamente os valores de pressão sonora em locais de existência de um suposto incômodo relacionado com a poluição sonora, por solicitação

Introduction

Noise pollution has been identified as one of the main forms of environmental degradation in urban centers, thus altering people's quality of life (Costa, 1994). It is considered to be one of the greatest sources of health-related stress in people (Bell *et al.*, 1990), affecting not only hearing but also damaging many other organs and functions of the human body. Thus, noise control legislation has been used as a collective protection mechanism against adverse health effects resulting from exposure to excessive levels of noise (Silva, 2003). In Brazil, the national policy on noise pollution has as a reference the technical standards NBR 10.151 and NBR 10.152, which establish the noise levels that must be used to ensure health as well as acoustically satisfactory indoor and outdoor environments. In the municipality of Belo Horizonte, Municipal Law no. 9.505/08 provides for the control of noise, sound, and vibration, through the establishment of immission limits (sound pressure that reaches the measurement location) according to predefined time periods (Table 1) and criteria to be used in the verification measurements.

Table 1. Immission limits for noise, according to different time periods

Time	Permitted noise
Daytime (from 7:01 a.m. to 7:00 p.m.)	70 dB(A)
Evening (from 07:01 p.m. to 10:00 p.m.)	60 dB(A)
Night period 1 (from 10:01 p.m. to 11:59)	50 dB(A)
Night period 2 (from 0:00 a.m. to 7:00)	45 dB(A)

Source: Belo Horizonte Municipal Law no. 9.505/08

Through a program called “Disque Sossego” (Dial Peace) (PBH, 2012), the municipality of Belo Horizonte continuously checks, via requests from the local population, the sound pressure values in places where there is an alleged nuisance related to noise pollution. The program was created on May 25, 2001 in order to satisfy the community's complaints related to the

da população. O programa foi criado em 25/05/2001 com o objetivo de atender as reclamações da comunidade relativas aos incômodos causados pelo excesso de ruídos associados, principalmente, a bares, ao comércio e serviços em geral, a templos religiosos, a clubes e quadras esportivas, à construção civil, dentre outros. Para cada local reclamado, um técnico especializado, munido de um equipamento adequado e calibrado, realiza a medição da pressão sonora com e sem a presença do suposto ruído da fonte poluidora, causadora do incômodo. Esse ruído medido sem a presença da fonte poluidora, chamado de ruído de fundo, representa realmente o ruído imitido em cada local de medição, configurando-se como uma interessante variável para a análise de conforto sonoro. Além disso, é utilizado na aplicação da Lei nº 9.505/08 pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), para o cálculo do ruído proveniente de uma fonte poluidora (NPS_{Fonte}), a partir da medição do ruído total ($L_{eq(total)}$), do ruído de fundo (L_{ra}) e de um fator de correção (ΔL_{ps}), expresso pelas equações (VECCI, 2006):

$$NPS_{Fonte} = L_{eq(total)} - \Delta L_{ps} \quad \Delta L_{ps} = -10 \log \left[1 - 10^{-\left(\frac{L_{eq(total)} - L_{ra}}{10}\right)} \right]$$

Este estudo procurou estimar, mapear e analisar o ruído de fundo para todo o município de Belo Horizonte, utilizando técnicas de geoestatística espacial, a partir da base de dados de medições de ruído da SMMA, com o objetivo de avaliar o conforto sonoro em relação aos limites estabelecidos na mencionada lei, visando, assim, contribuir para a manutenção da qualidade de vida no que se refere ao controle da poluição sonora.

Metodologia

Os mapas sonoros constituem uma importante ferramenta de estimativa representativa de ruído de uma região, diante da impossibilidade de sua medição em um determinado local ou em um momento desejado (SANTOS *et al.*, 2004). Do conjunto de dados de medição de pressão sonora do Programa Disque Sossego (SMMA, 2009), foram selecionados apenas os registros geocodificados, válidos, e que continham o atributo de ruído de fundo. Foram realizadas análises de distribuição espacial e temporal dos dados, estratificados segundo os quatro períodos de horários definidos na Lei nº 9.505/08.

Para construção dos mapas sonoros do município de Belo Horizonte, utilizou-se a Krigagem como técnica de interpolação (LOURENÇO, 2009), considerado como o melhor método estimador linear não viciado, por apresentar desvios entre o valor real e o valor estimado com uma variação mínima (LANDIM,

caused by excessive noise, especially that associated with bars, trade and services in general, places of worship, clubs and sports fields, and civil construction, among other places. For each location complained about, an expert technician armed with the appropriate calibrated equipment, performs the sound pressure measurement with and without the presence of the alleged noise pollution source that is causing the nuisance. The noise measured without the presence of the pollutant source is called background noise. It represents the noise that is actually imitted at each measurement location, and therefore it is an interesting variable for acoustic comfort analysis. Additionally, it is used in the application of Law no. 9.505/08 by the Municipal Environment Department (SMMA) to calculate the noise from a polluting source (NPS_{Fonte}), based on the measurement of the total noise ($L_{eq(total)}$), the background noise (L_{ra}), and a correction factor (ΔL_{ps}), which can be expressed by the following equations (Vecci, 2006):

$$NPS_{Fonte} = L_{eq(total)} - \Delta L_{ps} \quad \Delta L_{ps} = -10 \log \left[1 - 10^{-\left(\frac{L_{eq(total)} - L_{ra}}{10}\right)} \right]$$

This present study sought to estimate, map, and analyze the background noise for the whole municipality of Belo Horizonte, using spatial geo-statistical techniques from the database of SMMA noise measurements, in order to evaluate the acoustic comfort compared to limits established in the aforementioned law, thus aiming to contribute to maintaining quality of life in relation to noise pollution control.

Methodology

The sound map is an important tool for representative estimation of noise in a region, given the impossibility of measuring noise in a specific place or at a particular moment (Santos *et al.*, 2004). From the sound pressure measurement data set of the *Disque Sossego* program (SMMA, 2009), only the valid geocoded records, which contained the background noise attribute, were selected. Spatial and temporal distribution analyses were performed on the data, which were stratified according to the four periods of time defined in Law no. 9.505/08.

For the construction of sound maps for the municipality of Belo Horizonte, kriging was used as the interpolation technique (Lourenço, 2009). It is considered to be the best non-addictive linear estimation method, due to it presenting minimum variation between the actual value and the estimated value (Landim, 2000). The ordinary kriging method, which

2000). O método de Krigagem Ordinária, utilizado na interpolação geoestatística do nível de pressão sonora equivalente, do conjunto de amostragens realizadas pela SMMA, tem grande aplicabilidade em relação aos dados da análise, por assumir que a média local não é necessariamente próxima à média geral de abrangência total dos dados (JACOB; YOUNG, 2006). Através do software ArcGis® 9.3.1, utilizando o método de Krigagem Indicatrix (KRIVORUCHKO, 2001), foram confeccionados os mapas de probabilidade, visando subsidiar políticas públicas de identificação e atuação em locais de maior necessidade de intervenção para o controle da poluição sonora.

is used in the geo-statistical interpolation of the equivalent sound pressure level from the samples taken by the SMMA, has great applicability in relation to the data from the analysis, because it assumes that the local average is not necessarily close to the overall general average of the data (Jacob and Young, 2006). The probability maps were created using the ArcGis® 9.3.1 software and the kriging indicatrix method (Krivoruchko, 2001), with the aim of assisting public policies of identification and action in places in greater need of intervention to control noise pollution.

Resultados

O estudo utilizou os dados georreferenciados de medições de pressão sonora de ruído de fundo (PBH, 2009) do período de 11/4/1992 a 24/10/2009, totalizando 2.256 registros considerados, principalmente, na faixa de 2001 a 2009 (Figura 1). Observa-se também na Figura 1 a baixa porcentagem de medidas de ruído de fundo em relação aos registros totais, apresentados ano a ano, devido à dificuldade inerente de se cessar o ruído da fonte poluidora no momento da medição.

Com relação à distribuição espacial dos registros de medição de ruídos, observa-se pela Figura 2 que a Regional Centro-Sul responde por aproximadamente 30% dos registros, enquanto que, na Regional Norte, cerca de 4%. Convém salientar que as regionais com as menores porcentagens de registros correspondem àquelas com grandes áreas desprovidas de ocupação.

Results

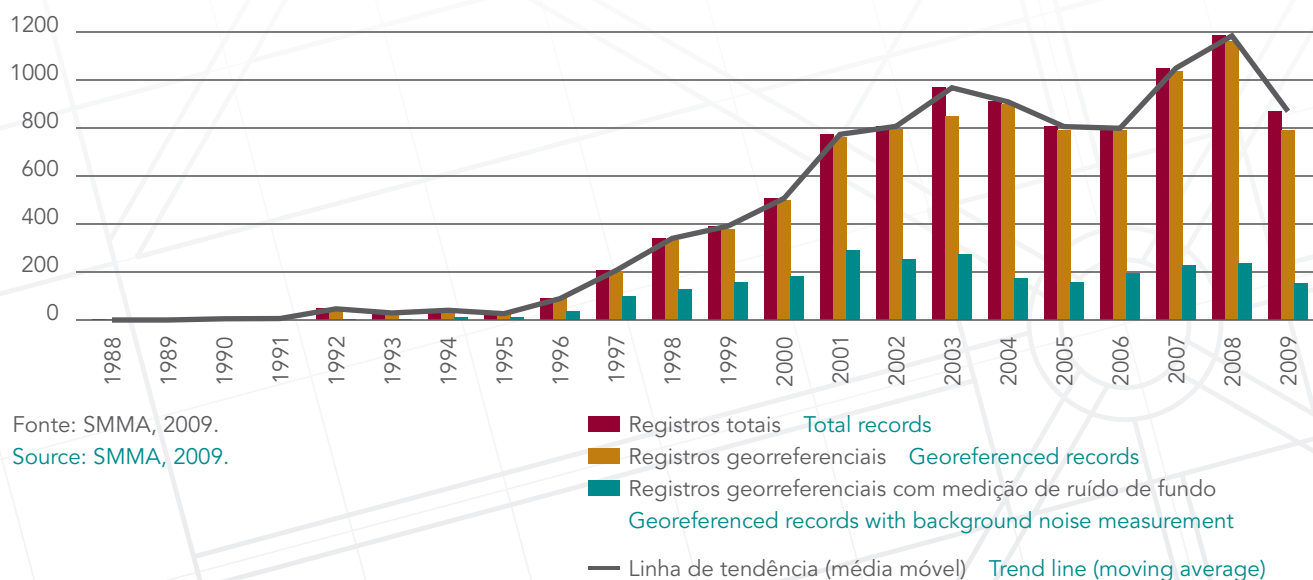
The study used the georeferenced data of background noise sound pressure measurements (PBH, 2009) collected between April 11, 1992 and October 24, 2009 – a total of 2,256 records observed mainly between 2001 and 2009 (Figure 1). Figure 1 also shows the low percentage of background noise measurements in relation to the total number of records, presented on a year-by-year basis, which is due to the inherent difficulty of stopping the noise from the pollutant source during the measurement.

Regarding the spatial distribution of the noise measurement records, it was observed in Figure 2 that the Central-South Region accounts for approximately 30% of the records, while the North Region accounts for about 4%. It should be noted that the regions with the lowest percentages of records correspond to the regions with large areas devoid of occupation.

In relation to the temporal distribution, considering the noise immission limits in the time periods proposed by Law

FIGURA1. Distribuição dos registros de medição de ruídos ao longo dos anos.

FIGURE 1. Distribution of noise measurement records over the years.

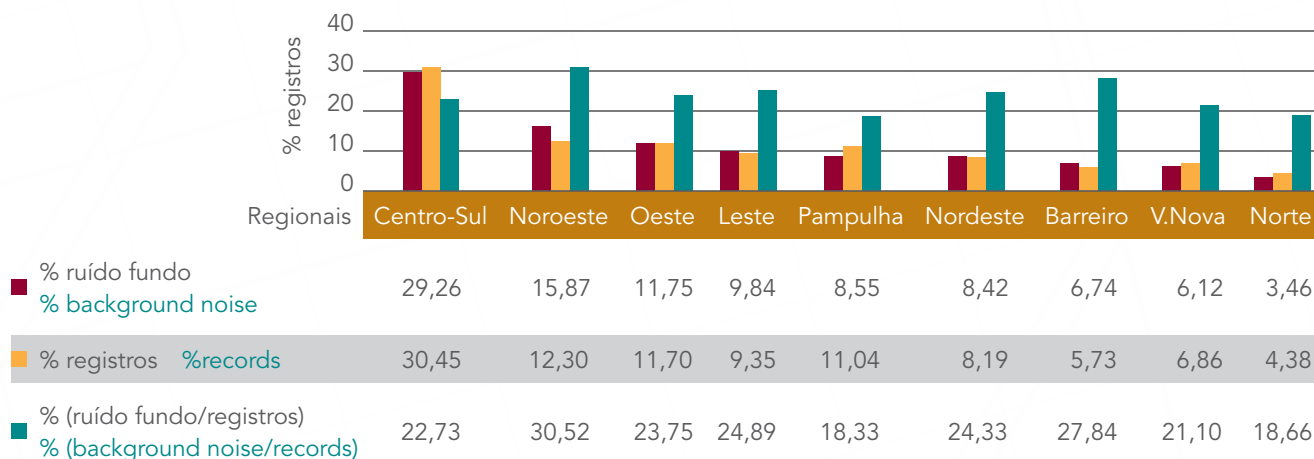


Fonte: SMMA, 2009.

Source: SMMA, 2009.

FIGURA 2. Distribuição dos registros de medição de ruído por administrações regionais de Belo Horizonte.

FIGURE 2. Distribution of noise measurement records in regional administration areas of Belo Horizonte.



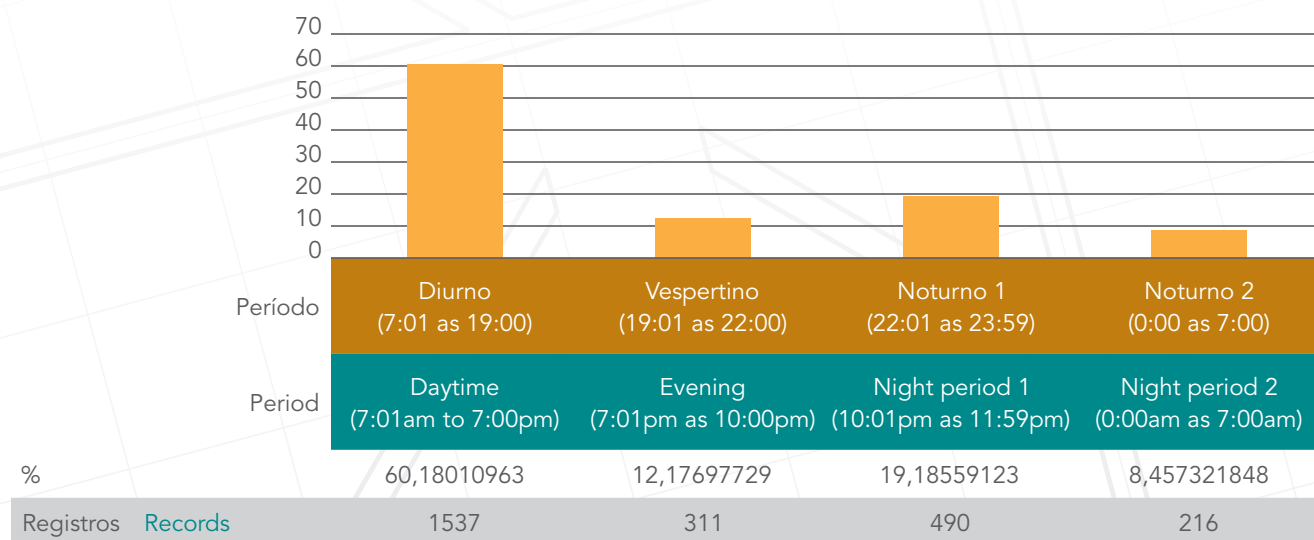
Fonte: SMMA, 2009. Source: SMMA, 2009.

Com relação à distribuição temporal, considerando os limites de emissão de ruído nos períodos de horários propostos pela Lei nº 9.505, nota-se pela Figura 3 que cerca de 60% das medições de ruído de fundo foram realizadas no período diurno, período em que há maior disponibilidade de técnicos para a realização das medições. Do restante, quase 20% foram realizadas no período noturno, das 22h01min às 23h59min; 12%, no período vespertino e, aproximadamente, 9%, no período noturno, da 0h às 7h.

no. 9.505, it can be seen in Figure 3 that about 60% of background noise measurements were taken during the daytime – the period during which there is greater availability of technicians to take the measurements. Of the other measurements, nearly 20% were taken during night period 1, from 10:01 p.m. to 11:59 p.m.; 12% were taken in the evening, from 7:01 p.m. to 10:00 p.m.; and approximately 9% during night period 2, from 0:00 a.m. to 7:00 a.m.

FIGURA 3. Distribuição dos registros de medição de ruído de acordo com os períodos de emissão definidos na Lei nº 9.505

FIGURE 3. Distribution of noise measurement records according to the immission periods defined in Law no. 9505.



Fonte: SMMA, 2009. Source: SMMA, 2009.

Para o período diurno, das 7h01min às 19h, observa-se pelo mapa sonoro de ruído de fundo estimado (Figura 4) que quase a totalidade do município apresenta-se em conforto sonoro, ou seja, inferior ao limite estabelecido para o horário, sugerindo que o limite de 70 dB estabelecido pela lei para o período parece adequado. Apenas em uma pequena área, localizada na parte central do município, o nível de ruído foi estimado acima do limite. A Figura 5 mostra que a probabilidade de exceder o limite no período diurno é inferior a 1% na maior parte do município, embora possa chegar a quase 22% na parte central do mesmo.

Para o período vespertino, das 19h01min às 22h, segundo o mapa sonoro de ruído de fundo estimado para o período (Figura 6), observa-se que em todo o município o ruído de fundo estimado encontra-se na faixa de 45 a 60 dB(A), ou seja, em conforto sonoro, tendo como referência o limite estabelecido pela lei para esse período; ainda que, segundo o mapa da Figura 7, a probabilidade de exceder o limite do nível de ruído chega a ultrapassar 30% para algumas regiões.

Já para o período noturno das 22h01min às 23h59min, constata-se pelo mapa sonoro de ruído de fundo estimado para esse período (Figura 8) que a maior parte do município de Belo Horizonte apresenta um ruído de fundo estimado acima do limite estabelecido para o período, de 50 dB(A), indicando não existir conforto sonoro adequado para a maior parte do município, assim como a probabilidade superior a 50% de se ultrapassar esse limite (Figura 9). Finalmente, para o período noturno da 0h às 7h, verifica-se pelo mapa sonoro de ruído de fundo estimado para o período (Figura 10) que praticamente em todo o município de Belo Horizonte o ruído de fundo estimado está acima do limite estabelecido para o período, de 45 dB(A), sinalizando não existir conforto sonoro adequado, e com probabilidade de exceder esse nível de ruído superior a 40%, podendo até alcançar 92% em algumas regiões (Figura 11).

Uma vez que a estimativa de ruído de fundo baseia-se na distribuição das medidas de ruídos de fundo realizadas ao longo do município em função do horário de medição, convém salientar que as regiões com maior quantidade e com melhor distribuição de registros tendem a apresentar estimativas mais aproximadas da realidade. Desse modo, as áreas desprovidas de registros assumem estimativas baseadas em medições realizadas no entorno, conforme período considerado.

For the daytime period, from 7:01 a.m. to 7:00 p.m., it can be seen from the sound map of estimated background noise (Figure 4) that almost all of the city is in acoustic comfort; that is, less than the set limit for that time of the day, which suggests that the limit of 70 dB established by the law for this time period is appropriate. Only in a small area, located in the central part of the city, was the noise level estimated to be over the limit. Figure 5 shows that the probability of exceeding the threshold during the day is less than 1% in most of the municipality, although it can reach almost 22% in the central part of the city.

For the evening period, from 7:01 p.m. to 10:00 p.m., according to the sound map of estimated background noise for this time period (Figure 6), it can be seen that throughout the city the estimated background noise is in the range of 45–60 dB(A); that is, within acoustically comfortable levels in relation to the limit established by the law for this time period; although, according to the map in Figure 7, the probability of exceeding the noise level limit can even exceed 30% for some regions.

For night period 1 from 10:01 p.m. to 11:59 p.m., the sound map of background noise estimated for this time period (Figure 8) indicates that most of the municipality of Belo Horizonte has estimated background noise above the 50 dB(A) limit established for this time period, thus indicating the inexistence of acoustic comfort for most of the municipality, as well as a greater than 50% chance of the threshold being exceeded (Figure 9). Finally, for night period 2, from 0:00 a.m. to 7:00 a.m., it can be seen from the sound map of estimated background noise for this time period (Figure 10), that in almost all of the municipality of Belo Horizonte the estimated background noise is above the 45 dB(A) limit established for this time period, thus indicating the inexistence of acoustic comfort, as well as a greater than 40% chance of the threshold being exceeded, and in some areas this can be up to 92% (Figure 11).

Given that the background noise estimate is based on the distribution of background noise measurements taken throughout the municipality as a function of the time of day of the measurement, it should be noted that the areas with a greater number and better distribution of records tend to produce estimates closer to the reality. Thus, the areas devoid of records assume estimates based on measurements taken in the vicinity, in accordance with the time period considered.

FIGURA 4. Mapa sonoro do ruído ambiente para o período diurno, segundo a Lei nº 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 4. Sound map of ambient noise during the daytime (in accordance with Law no. 9.505/08) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.

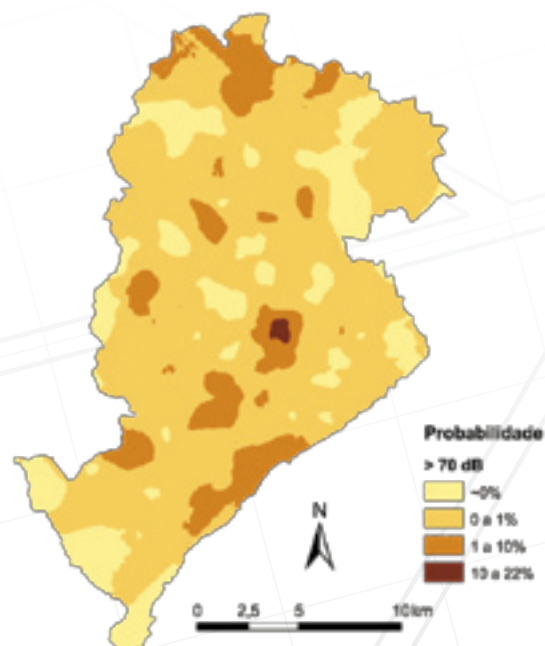
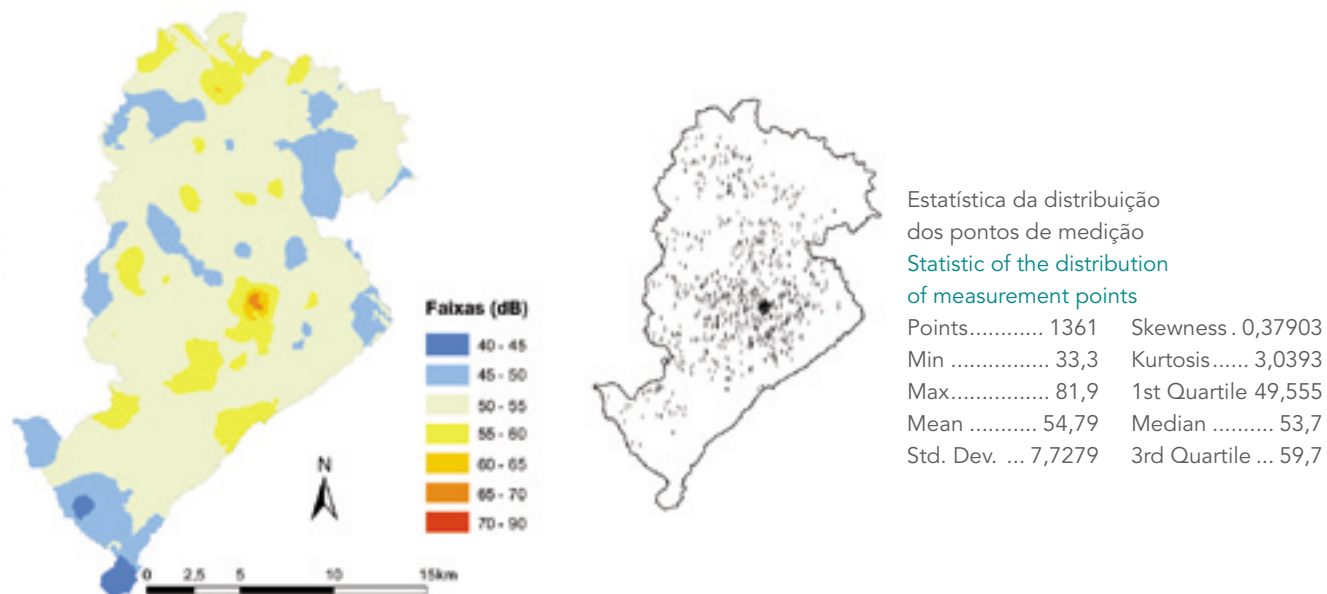


FIGURA 5. Mapa de probabilidade de ocorrência de níveis de ruído maior que 70 dB(A), para o período diurno, segundo a Lei no 9.505/08, 2009.

FIGURE 5. Map of the probability of noise levels above 70 dB(A) occurring during the daytime (2009) – in accordance with Law no. 9.505/08.

FIGURA 6. Mapa sonoro do ruído de fundo para o período vespertino, segundo a Lei nº 9.505, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 6. Sound map of background noise for the evening period (in accordance with Law no. 9.505) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.

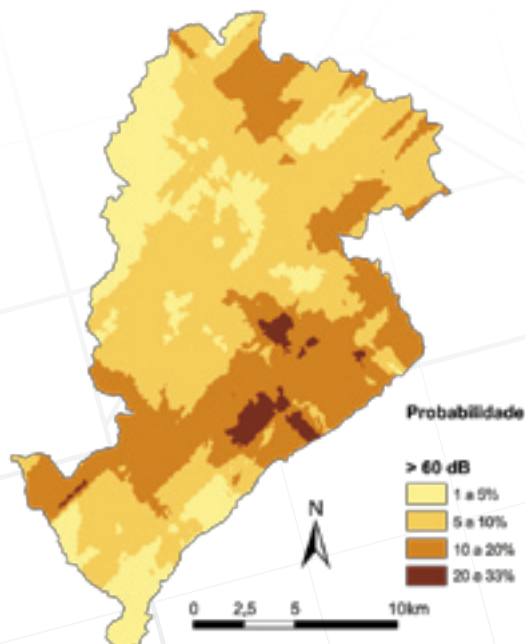
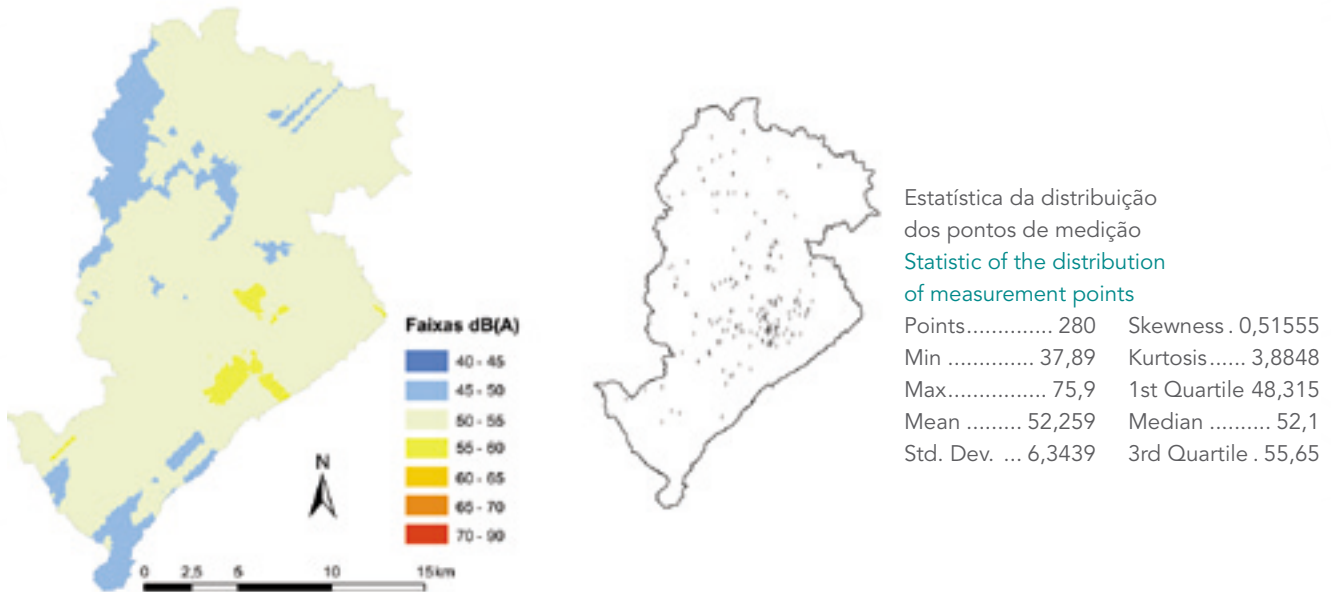
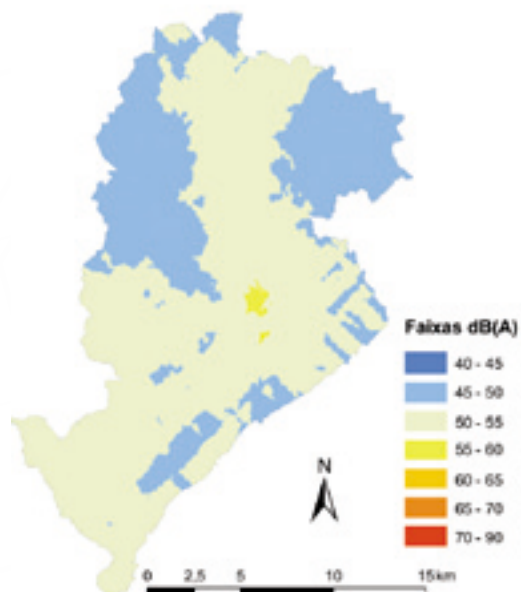


FIGURA 7. Mapa de probabilidade de ocorrência de níveis de ruído maior que 60 dB(A), para o período vespertino, segundo a Lei no 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 7. Map of the probability of noise levels above 60 dB(A) occurring during the evening period (in accordance with Law no. 9.505/08) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.

FIGURA 8. Mapa sonoro do ruído de fundo para o período noturno das 22h01min às 23h59min, segundo a Lei no 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 8. Sound map of background noise for the night period between 10:01 p.m. and 11:59 p.m. (in accordance with Law no. 9.505/08) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.



Estatística da distribuição dos pontos de medição
Statistic of the distribution of measurement points

Points.....	422	Skewness..	-0,098824
Min	26,2	Kurtosis.....	3,8289
Max.....	76,2	1st Quartile.....	47,4
Mean	51,679	Median	51,5
Std. Dev. ...	6,9833	3rd Quartile	56,1

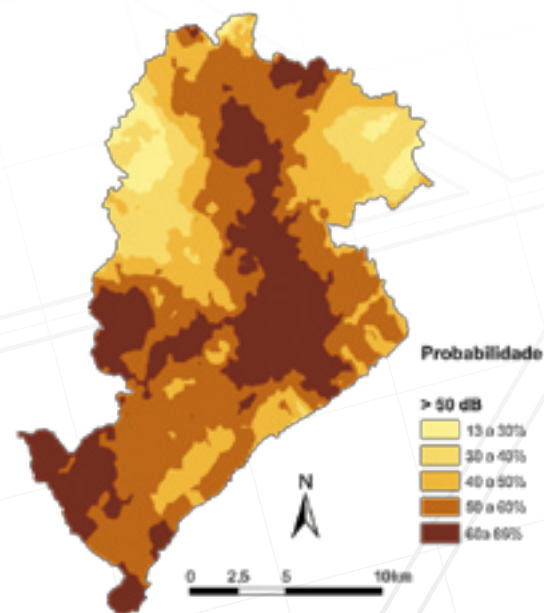


FIGURA 9. Mapa de probabilidade de ocorrência de níveis de ruído maior que 50 dB(A), para o período noturno das 22h01min às 23h59min, segundo a Lei no 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 9. Map of the probability of noise levels above 50 dB(A) occurring during the night period between 10:01 p.m. to 11:59 p.m. (in accordance with Law no. 9.505/08) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.

FIGURA 10. Mapa sonoro do ruído de fundo para o período noturno da 0h às 7h, segundo a Lei no 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 10. Sound map of background noise for the night period between 0:00 a.m. and 7:00 a.m. (in accordance with Law no. 9.505/08) in Belo Horizonte city, 2009.

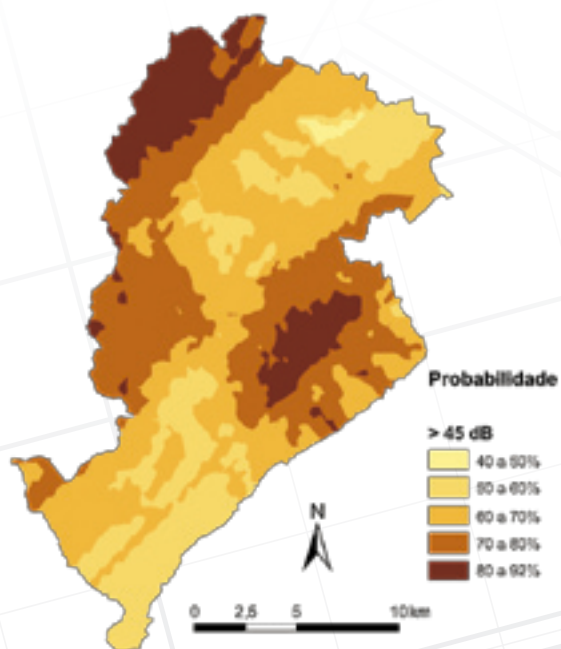
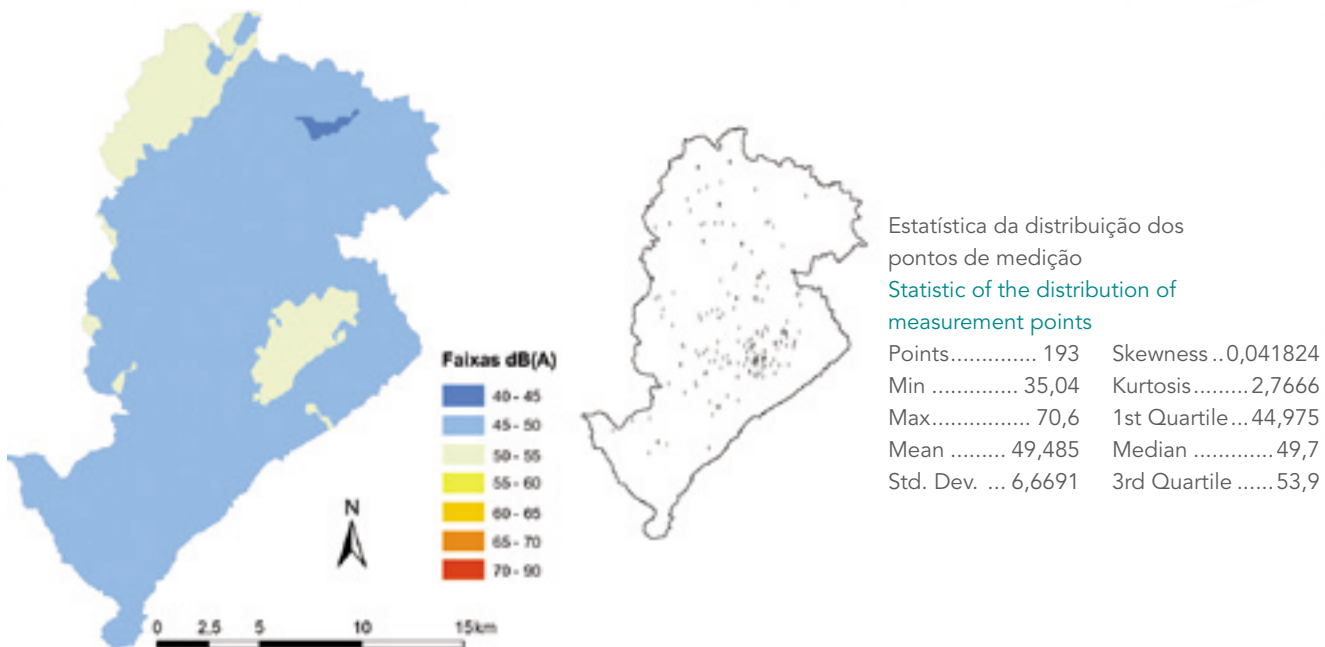


FIGURA 11. Mapa de probabilidade de ocorrência de níveis de ruído maior que 45 dB(A), para o período noturno da 0h às 7h, segundo a Lei no 9.505/08, no município de Belo Horizonte, 2009.

FIGURE 11. Map of the probability of noise levels above 45 dB(A) occurring during the night period between 0:00 a.m. and 7:00 a.m. (in accordance with Law no. 9.505/08) in the municipality of Belo Horizonte, 2009.

Conclusões

O banco de dados de medições de pressão sonora, mantido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) por meio do programa Disque Sossego, corresponde a um importante acervo histórico de dados a respeito da gestão dos ruídos no município de Belo Horizonte.

Os mapas sonoros produzidos constituem ferramentas interessantes na gestão da poluição sonora, tanto no planejamento quanto na tomada de decisões, conforme descrito por Yepes *et al.* (2009) para a cidade de Medellín, na Colômbia. Através da técnica de Krigagem, foi possível interpolar os dados de ruído de fundo, estimar o ruído para todos os endereços geocodificados e calcular a probabilidade de superação dos limites estabelecidos pela Lei nº 9.505/08. De acordo com Ventura (2008), em estudo de modelagem de ruído ambiente em uma universidade de Coimbra (Portugal), ainda que a diferença encontrada entre a estimativa de ruído através do método de Krigagem e por um *software* de previsão acústica não tenha sido significativa, esses *softwares* são mais indicados porque permitem considerar dados de altimetria e volumetria das construções e outros obstáculos, que influenciam na dispersão das ondas sonoras.

Ainda assim, o ruído de fundo calculado representou com boa precisão a estimativa do ruído ambiente local quando comparados com as medições realizadas, parecendo servir de indicação para a estimativa desse tipo de ruído, principalmente para locais onde existe a impossibilidade de sua medição, uma vez que em apenas 25% dos atendimentos realizados foi possível medir o ruído de fundo.

De acordo com os resultados encontrados, nos períodos diurno e vespertino, os limites estabelecidos pela Lei nº 9.505/08 parecem adequados, enquanto que, para o período noturno, em muitas regiões, os limites parecem inadequados, sugerindo a necessidade de se estudar com mais profundidade a relação entre os limites estabelecidos pela lei e as políticas públicas de controle da poluição sonora.

No entanto, devemos considerar que possíveis divergências de resultados poderão ocorrer em função da distribuição espacial e temporal dos registros de medição da base de dados utilizada. Tais problemas poderão ser minimizados, por meio de uma seleção sistemática e padronizada dos dados tanto espacial quanto temporalmente.

Por outro lado, a abordagem de conforto sonoro através da análise do ruído de fundo em relação aos limites estabelecidos pela Lei nº 9.505/08 parece muito adequada e inovadora, pois considera o ruído ambiente imitado no local de existência do suposto incômodo. Normalmente, na confecção de mapas sonoros, utilizam-se medições de ruído total, coletadas próximo às vias, não refletindo a situação de conforto sonoro que os cidadãos estão submetidos, próximo às suas residências.

Conclusions

The database of sound pressure measurements, maintained by the SMMA through the *Disque Sossego* program, is an important historical collection of data related to noise management in the municipality of Belo Horizonte.

The sound maps produced are interesting tools in the management of noise pollution, both in planning and decision making, as described by Yepes *et al.* (2009) for the city of Medellín, Colombia. Through the kriging technique, it was possible to interpolate the background noise data, estimate the noise for all the geocoded addresses, and calculate the probability of exceeding the limits established by Law no. 9.505/08. According to Ventura (2008), in a study of ambient noise modeling in a university in Coimbra (Portugal), although the difference between the noise estimate obtained via the kriging method and that from an acoustic prediction software package was not significant, these kinds of software are more suitable because they allow consideration of the altimetric and volumetric data of constructions and other obstacles that influence the dispersion of sound waves.

Nevertheless, the calculated background noise accurately represented the estimation of the local ambient noise when compared to the measurements taken, seeming to serve as an indication for the estimation of this kind of noise, especially for places where it is unable to be measured – it was only possible to measure the background noise in 25% of cases.

According to the results found for the daytime and evening periods, the limits established by Law no. 9.505/08 seem to be suitable; while for the night period, the limits seem to be inadequate in many areas, which suggests the need for more in-depth study of the relationship between the limits established by the law and the public policies for the control of noise pollution.

However, we must consider that possible differences in results may occur because of the spatial and temporal distribution of the measurement records from the database used. Such problems may be minimized through both spatial and temporal systematic and standardized data selection.

On the other hand, the approach towards acoustic comfort by analyzing the background noise in relation to the limits established by Law no. 9.505/08 seems to be very appropriate and innovative, since it considers the ambient noise imitted at the location of the alleged nuisance. Typically, in making sound maps, the total noise measurements used are obtained near roads, which does not reflect the acoustic comfort situation that the citizens experience close to their homes.

Bibliografia

References

- 1 BELL, Paul A.; FISHER, Jeffrey D.; BAUM, Andrew; GREENE, Thomas C. *Environmental Psychology*. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1990. p. 1–23; 87–150.
- 2 Costa, V. H. C. O ruído e suas interferências na saúde e no trabalho. *Acústica & Vibrações*. SOBRAC, n. 13, p. 41–60, jul. 1994.
- 3 Instrução Técnica NBR 10.151. Instrução técnica para aplicação da norma brasileira NBR 10.151. Cetesb. 4 p.
- 4 JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. Trabalho apresentado no XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu, MG. Set/2006. 22 p.
- 5 KRIVORUCHKO, K. Using linear and non-linear kriging interpolators to produce probability maps. 2001 Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology. Cancun. México. Set/2001. 14 p.
- 6 Lei 9.505/08. Controle de ruídos, sons e vibrações no município de Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/236034/lei-9505-08-belo-horizonte-mg>>. Acesso em: 08/04/2010. 5 p.
- 7 LOURENÇO, R. W. Estimativa por técnicas de Krigagem. UNESP. Curso de introdução à geoestatística. 2009. 28 p.
- 8 NBR 10151. Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – procedimento. 1987. 6 p.
- 9 PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Programa Disque sossego. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=32641&chPlc=32641&&pldPlc=&app=salanoticias>>. Acesso em: 20/08/2012.
- 10 SANTOS, L. C., Valado, F. O Mapa de Ruído Municipal como Ferramenta de Planeamento Acústica. 2004, paper id:162, Guimarães – Portugal. 8 p.
- 11 Silva, S. T. Poluição visual e poluição sonora: aspectos jurídicos. *Revista de Informação Legislativa*, n.159, jul/set/2003, p. 161–179.
- 12 SMMA. Sistema Gerencial de Controle de Expedientes. Programa Disque Sossego: dados sobre ruídos. Secretaria Municipal de Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte. 2009.
- 13 VECCI, Marco Antônio de M. Ruído Ambiental. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, DESA, Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2006.
- 14 Ventura, J. Modelação do ruído ambiente no *campus* da ESTG. Comparação entre a utilização de uma técnica geoestatística (*Kriging*) e *software* de previsão acústica. *Acústica*. Out/2008. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra
- 15 Yepes, D. L.; Gómez, M.; Sánchez, L. Jaramillo, A. C. Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano – caso Medellín. *Dyna*, Año 76. Nro. 158. Medellín. jun/2009. p. 29–40.