

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CONSTRUÇÃO CIVIL

AMBIENTE SONORO EM CANTEIRO DE OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.
ESTUDO DE CASO: MARINGÁ – PR.

Dissertação submetida à Universidade Federal
de Santa Catarina como parte dos requisitos
para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil.

CÁSSIO TAVARES DE MENEZES JÚNIOR

Florianópolis, outubro de 2002

AMBIENTE SONORO EM CANTEIRO DE OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.
ESTUDO DE CASO: MARINGÁ – PR.

CÁSSIO TAVARES DE MENEZES JÚNIOR

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA
Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo
programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Elvira B. Viveiros (Orientador)

Prof. Dr. Jucilei Cordini (Coordenador do Curso)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Elvira B. Viveiros (Presidente-UFSC)

Prof. Eduardo Márcio de Oliveira Lopes, Ph.D (UFSC)

Prof. Fernando Barth, Ph.D (UFSC)

Prof. Wilson C. de Jesus Silveira, Ph.D (UFSC)

Ficha Catalográfica:

MENEZES JR, Cássio Tavares de

Ambiente sonoro em canteiro de obra da construção civil. Estudo de caso: Maringá – PR.. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

xiv, 104 p.

Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil)

Orientador: Elvira Barros Viveiros

1. Ruído 2. Construção civil 3. Canteiro de obra 4. Controle de ruído

I. Universidade Federal de Santa Catarina

II. Título

AGRADECIMENTOS

A DEUS, amigo sempre presente que me fortalece e inspira;

À Professora Elvira Viveiros, pela confiança e orientação no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, pela realização do mestrado;

À Universidade Estadual de Maringá, em conjunto com FADEC/UEM e FEESC/UFSC, que lutaram em conjunto para idealização deste mestrado;

Ao Professor Cláudio Pietrobon, pelo incentivo e luta para a realização do mestrado;

Ao Professor Paulo Fernando Soares, pelo conhecimento compartilhado que tornou possível a realização deste trabalho;

À Marisa Shimabukuro, pelo apoio moral, logístico e científico;

Ao Ricardo Lima, pela cooperação e apoio na elaboração de textos, gráficos e figuras;

Ao amigo Mauro Iwata, pela contribuição, incentivo e apoio;

Ao João Carlos Rocha Loures, pela revisão literária desta dissertação;

À minha esposa, Mara Lúcia, e aos meus filhos, Ana Carolina e João Henrique, pelo carinho, paciência e incentivo em todos os momentos;

E a todos os amigos que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIACÕES	xi
LISTA DE SIGLAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1	O PROBLEMA ESTUDADO	1
1.2	JUSTIFICATIVA	3
1.3	OBJETIVOS	3
	1.3.1 Objetivo Geral	3
	1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4	ESTRUTURA DO ESTUDO	4

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1	DEFINIÇÃO DE SOM	6
2.2	RUÍDO	8
	2.2.1 Nível Equivalente de Pressão Sonora – <i>Leq</i>	8
2.3	CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE RUÍDO	9
	2.3.1 Ruído contínuo ou intermitente	9
	2.3.2 Ruído de impacto ou impulsivo	10
2.4	EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM	10
	2.4.1 Mudança Temporária no Limiar (TTS)	11
	2.4.2 Trauma Acústico	11
	2.4.3 Mudança Permanente no Limiar (PTS)	12
2.5	RUÍDO AMBIENTAL	13
2.6	RUÍDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
	2.6.1 Fontes geradoras de ruído na construção	16

2.6.2	Controle de ruído nos locais de construção	17
2.7	NORMAS E REGULAMENTAÇÕES	20
2.7.1	Normas Internacionais	20
2.7.2	Normas Brasileiras	25
2.7.3	Norma Municipal	28
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA		
3.1	OBJETO DE ESTUDO	31
3.1.1	Descrição do lote e da edificação	32
3.1.2	Levantamento técnico/construtivo da edificação	32
3.1.3	Caracterização das atividades e equipamentos avaliados no canteiro de obra	34
3.2	INSTRUMENTAÇÃO	34
3.2.1	Medidor de Nível de Pressão Sonora	35
3.2.2	Questionários de avaliação individual	35
3.3	COLETA DE DADOS SONOROS	35
3.3.1	Procedimentos de medição	37
3.3.2	Critérios de avaliação	37
3.3.3	Fases das coletas de dados	40
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E ANÁLISES		
4.1	RESULTADOS DAS MEDIDAS DE CAMPO	41
4.1.1	Fase I – Ruído de trânsito no local	41
4.1.2	Fase II– Ruído de fundo	43
4.1.3	Fase III – Estacas (ruído intermitente)	46
4.1.4	Fase IV – Estacas (ruído de impacto)	49
4.1.5	Fase V – Vigas baldrame	52
4.1.6	Fase VI – Laje do 1º pavimento	55
4.1.7	Fase VII – Laje de cobertura	58
4.1.8	Fase VIII – Ferramental de obra	61
4.1.9	Fase IX – Concretagem da piscina	64
4.1.10	Fase X – Formas de madeira	68
4.2	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	72

4.2.1 Avaliação – Operários	72
4.2.2 Avaliação - Comunidade	73

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES	75
5.2 RECOMENDAÇÕES	76

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO 1 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase II – Ruído de fundo.	84
ANEXO 2 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase II – Ruído de Fundo em <i>Leq</i> - dB(A).	85
ANEXO 3 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase III – Estacas (ruído intermitente).	86
ANEXO 4 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase III – Estacas (ruído intermitente) em <i>Leq</i> - dB(A).	87
ANEXO 5 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase IV – Estacas (ruído de impacto).	88
ANEXO 6 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase IV – Estacas (ruído de impacto) – $L_{Corrigido}$ (NBR 10.151:2000).	89
ANEXO 7 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase V – Vigas baldrame.	90
ANEXO 8 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase V – Vigas baldrame em <i>Leq</i> - dB(A).	91
ANEXO 9 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VI – Laje do 1º pavimento.	92
ANEXO 10 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VI – Laje do 1º pavimento em <i>Leq</i> - dB(A).	93
ANEXO 11 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VII – Laje de cobertura.	94
ANEXO 12 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VII – Laje de cobertura em <i>Leq</i> - dB(A).	95
ANEXO 13 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VIII – Ferramental de obra.	96
ANEXO 14 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VIII – Ferramental de obra em <i>Leq</i> - dB(A).	97
ANEXO 15 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase IX – Concretagem da piscina.	98
ANEXO 16 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase IX – Concretagem da piscina em <i>Leq</i> - dB(A).	99

ANEXO 17 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase X – Formas de madeira.	100
ANEXO 18 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase X – Formas de madeira em <i>Leq</i> - dB(A).	101
ANEXO 19 - Modelo de questionário - comunidade	102
ANEXO 20 - Modelo de questionário - operários	103

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Acumulados de projetos aprovados, de 1981 a 1998, na cidade de Maringá / PR, por tipo de uso	2
TABELA 2 - Evolução da aprovação de alvarás de construção e expedição de HABITE-SE, com os números de projetos aprovados, área aprovada total e área média por projeto, para os anos de 1981 a 2000, na cidade de Maringá/PR.	2
TABELA 3 - Nível médio de exposição ao ruído em trabalhadores da construção civil	17
TABELA 4 – Valores de referência para ruído comunitário e seus efeitos na saúde	20
TABELA 5 – Legislação sobre ruído ocupacional para diversos países	22
TABELA 6 - Limites de emissão de ruídos para equipamentos de construção a 50 pés (15,24 metros)	24
TABELA 7 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR 15 e NHO 01	27
TABELA 8 – Limites máximos de sons permissíveis em cada zona de uso	28
TABELA 9 – Limites máximos de sons permissíveis para construção civil	29
TABELA 10 – Levantamento do ruído de trânsito - Medições dos Níveis de Pressão Sonora - $Leq(A)$ - no ponto A1	42
TABELA 11 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo ao ruído de fundo	44
TABELA 12 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à perfuratriz (ruído intermitente)	47
TABELA 13 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à perfuratriz (ruído de impacto)	50
TABELA 14 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem das vigas baldrame	52
TABELA 15 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da laje do 1º pavimento	55
TABELA 16 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da laje de cobertura	58
TABELA 17 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo ao uso de ferramentas manuais	61
TABELA 18 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da piscina	64
TABELA 19 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo ao uso da serra elétrica manual e furadeira	68
TABELA 20 – Faixa de Idade e Tempo de Profissão dos Operários	72
TABELA 21 – A forma como o ruído afeta a comunidade entrevistada	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Implantação do canteiro de obra no bairro	31
FIGURA 2 – Locação da obra no canteiro de obra	33
FIGURA 3 – Distribuição dos pontos de medição no canteiro de obra	36
FIGURA 4 – Gráfico de Nível de Pressão Sonora e <i>Leq</i> no ponto A1, relativo ao ruído de trânsito	43
FIGURA 5 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo - <i>Leq(A)</i>	45
FIGURA 6 – Vista do canteiro de obra implantado no terreno	46
FIGURA 7 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da perfuratriz (ruído intermitente) - <i>Leq(A)</i>	48
FIGURA 8 – Vista da execução do estaqueamento executado pelo caminhão-perfuratriz	49
FIGURA 9 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da perfuratriz (ruído de impacto) - <i>Leq(A)</i>	51
FIGURA 10 – Vista da concretagem das vigas baldrame	53
FIGURA 11 – Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da concretagem das vigas baldrame - <i>Leq(A)</i>	54
FIGURA 12 – Vista da concretagem da laje e vigas do 1º pavimento.	56
FIGURA 13 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da laje do 1º pavimento - <i>Leq(A)</i>	57
FIGURA 14 – Vista da concretagem da laje e vigas da cobertura.	59
FIGURA 15 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da laje de cobertura - <i>Leq(A)</i>	60
FIGURA 16 – Vista geral da execução da obra.	62
FIGURA 17 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do uso de ferramentas manuais - <i>Leq(A)</i>	63
FIGURA 18 – Vista da concretagem da piscina	66
FIGURA 19 – Vista do caminhão de concreto usinado	66
FIGURA 20 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da concretagem da piscina - <i>Leq(A)</i>	67
FIGURA 21 – Vista dos cortes das formas de madeira com a serra elétrica manual	69
FIGURA 22 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do uso da serra elétrica manual e furadeira - <i>Leq(A)</i>	70
FIGURA 23 - Comparativo entre os níveis de pressão sonora equivalente das fases mais ruidosas.	71
FIGURA 24 – Distribuição dos entrevistados segundo idade	73

LISTA DE ABREVIACÕES

CAC	- Classes de Conforto Acústico
PEL	- Limite de Exposição Permissível [dB]
<i>Leq</i>	- Nível equivalente de pressão sonora [dB]
NBR	- Norma Brasileira Regulamentadora (ABNT)
NIHL	- <i>Noise Induced hearing loss</i> (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído)
NIPTS	- <i>Noise Induced Permanent Threshold Shift</i> (Mudança Permanente no Limiar Auditivo Induzida pelo Ruído)
NP	- Nível de Pico [dB]
NPS	- Nível de Pressão Sonora [dB]
NR	- Norma Regulamentadora (Ministério do Trabalho)
PTS	- Mudança Permanente no Limiar Auditivo
PAIR	- Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
TTS	- Mudança Temporária no Limiar Auditivo

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	- <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	- Estados Unidos da América
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
NIOSH	- <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
OIT	- Organização Internacional do Trabalho
OSHA	- <i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PMM	- Prefeitura Municipal de Maringá
PR	- Paraná
SENAI	- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
WHO	- <i>World Health Organization</i>
WISHA	- <i>Washington Industrial Safety and Health Administration</i>

RESUMO

O ruído de obras da construção civil é uma das principais fontes geradoras de reclamações da comunidade e um dos principais causadores de doenças ocupacionais enfrentados pelos trabalhadores do setor.

O presente estudo visa, através da investigação de um estudo de caso em canteiro de obra típico da cidade de Maringá – PR, levantar os níveis de ruído gerados por diferentes tipos de equipamentos usados na área de construção civil. Analisam-se diferentes fases da obra e os seus respectivos mapas de ruídos. Levantam-se as características dos principais equipamentos geradores de ruído em cada fase estudada e elaboram-se curvas de nível de pressão sonora para a visualização do campo sonoro em todas essas etapas.

Neste trabalho, também, são apresentados os níveis de pressão sonora equivalentes em cada ponto de medição e os resultados das doses de exposição ao ruído dos trabalhadores em diferentes atividades de trabalho dentro do canteiro de obra. Os resultados apresentados sugerem medidas de ação e controle de ruído em todas as fases.

Finalmente, é recomendado o planejamento para o controle de ruído do processo construtivo em três etapas: atenuação na fonte, mudanças no *layout* e a proteção dos operários. Salienta-se, ainda, a importância da implantação de um programa nacional de controle de ruídos em equipamentos da construção civil.

ABSTRACT

Noise from construction sites is one of the main sources of complaint in urban areas and also one of the principal causes of occupational diseases suffered by workers in that sector.

The aim of this research is to determine the noise levels generated by different equipment used in the building industry by means of the data obtained from a case study in a typical construction site in the city of Maringá – PR. It was analysed different stages of the construction and the particular noise maps produced. The features of the noisiest equipment in each stage are highlighted, and the sound pressure level curves plotted, which allowed a better understanding of the sound field in each phase.

The equivalent sound pressure level for each measuring point is also presented as well as the noise doses received by workers in different activities within the construction site. The results presented suggest mitigation actions and noise control procedures.

Finally, it is recommended a noise control plan for the building process in three stages: attenuation at the source, changes in the layout and protection of the workers. The relevance of the introduction of a nationwide program for noise control in construction sites is also pointed out.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA ESTUDADO

A preocupação em combater o ruído em nossa vida cotidiana cresce na medida que a sociedade se conscientiza dos efeitos danosos que o ruído provoca no ser humano.

De acordo com JOSSE (1975), a agressão mais direta que se pode relacionar ao ruído, como resultado de uma longa exposição, é uma lesão mais ou menos acentuada do ouvido interno. Esse caso é bastante freqüente nos setores industriais, onde a exposição excessiva ao ruído tem como efeito o agravo na surdez ocasionada pelo fator idade.

Segundo MOURE (1998), a indústria da construção civil caracteriza-se pela variação, tanto espacial como temporal, das atividades desenvolvidas no canteiro de obra. Essas atividades são, na sua maioria, geradoras de ruído, que expõem os trabalhadores a níveis de pressão sonora variáveis durante as diferentes fases da obra.

Para MAIA (1999), o uso de máquinas e ferramentas facilita as tarefas dos trabalhadores, porém os expõe a ambientes de trabalho cada vez mais ruidosos. Nesses ambientes, o ruído pode resultar numa fonte de moléstias, provocando modificações nas atividades fisiológicas, tais como: *stress*, aceleração no ritmo cardíaco, variação de pressão arterial, surdez e outros (JOSSE, 1975).

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.

A indústria da construção civil na cidade de Maringá – PR concentra-se, em sua grande parte, em obras com fins residenciais. Segundo dados da Prefeitura Municipal, o setor residencial foi responsável por 84,20% dos projetos aprovados entre os anos de 1981-1998, conforme apresentado na TABELA 1. Em 2000, a área média por projeto dos alvarás de construção foi de 138,17m², conforme evolução da aprovação de alvarás de construção mostrado na TABELA.2.

TABELA 1. - Acumulados de projetos aprovados, de 1981 a 1998, na cidade de Maringá / PR, por tipo de uso.

ANO	TIPO DE USO			
	Residencial	Comercial	Industrial	Outros
1981 a 1998	84,20 %	13,08 %	0,85 %	1,87 %

Fonte: Cadastro Técnico / PMM.

TABELA 2. - Evolução da aprovação de alvarás de construção e expedição de HABITE-SE, com os números de projetos aprovados, área aprovada total e área média por projeto, para os anos de 1981 a 2000, na cidade de Maringá / PR.

Ano	Nº de Projetos	Área aprovada (m ²)	Área média por projeto (m ²)
1981	1.516	267.608,70	176,52
1982	2.284	420.928,49	184,29
1983	1.815	500.546,50	275,78
1984	1.661	514.872,11	309,98
1985	1.914	677.927,76	354,19
1986	2.996	945.292,10	315,52
1987	2.506	797.433,07	318,21
1988	2.461	525.136,92	213,38
1989	2.796	722.970,77	258,57
1990	2.470	656.609,70	265,83
1991	2.463	879.895,91	357,25
1992	2.152	571.985,24	265,79
1993	2.338	544.048,34	232,70
1994	2.480	712.547,96	287,32
1995	2.644	511.055,75	193,29
1996	3.176	644.000,88	202,77
1997	3.924	556.540,88	141,83
1998	3.853	571.244,72	148,26
1999	3.719	511.935,20	137,65
2000	3.768	520.630,72	138,17

Fonte: Cadastro Técnico / PMM.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a Organização Mundial da Saúde, a poluição sonora é a terceira maior fonte de poluição do ambiente e um dos principais fatores de degradação ambiental.

Para ALEXANDRY (1978), dentre os fatores que constituem os aspectos fundamentais da ambiência do trabalho e que afetam na produtividade da indústria, encontramos o ruído, podendo distinguir duas espécies de ruídos industriais: o primário e o secundário. O ruído primário é proveniente de máquina ou de qualquer outra fonte sonora que afeta o indivíduo localizado nas proximidades. O ruído secundário corresponde à soma das parcelas derivadas dos seguintes tipos de ruído: aéreos, de impacto e de reflexão.

De acordo com MOURE (1998), o ruído está presente na totalidade das atividades desenvolvidas no canteiro de obra da construção civil. O desenvolvimento da indústria de máquinas e equipamentos para a construção civil e o seu uso intensivo tem tornado as atividades nos canteiros de obra cada vez mais ruidosos, gerando perdas auditivas e diversos outros efeitos nos trabalhadores desta atividade e na comunidade em geral (MAIA, 1999). Busca-se com este trabalho, através dos resultados obtidos em um estudo de caso, investigar o ambiente de trabalho em um canteiro de obra típico da construção civil, analisar os níveis de pressão sonora neste ambiente, extrair conclusões que visem um maior controle sobre os níveis sonoros gerados no canteiro, reduzir a exposição a ruídos nos trabalhadores da construção civil e, finalmente, produzir subsídios para elaboração de propostas e regulamentação sobre o ruído na construção civil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Caracterizar o ambiente sonoro em canteiros de obras nacionais típicos e, possivelmente, sugerir alterações para diminuição dos níveis sonoros.

1.3.2 Objetivos Específicos

- i) Levantar os tipos de obras da construção civil mais recorrentes da cidade de Maringá – PR, através do levantamento de dados estatísticos de instituições competentes, e correlacioná-los com os casos brasileiros de um modo geral.

- ii) Levantar os níveis sonoros produzidos por equipamentos utilizados em um canteiro de obra típico da cidade de Maringá – PR, através de medições de $Leq(A)$.

- iii) Propor alterações de *layout* do canteiro de obras, para obtenção de melhorias no ambiente acústico, tanto da obra em si como do entorno imediato.

- iv) Analisar as relações entre sistemas construtivos adotados no Brasil e níveis sonoros gerados na execução da obra.

- v) Avaliar novas tecnologias, nacionais ou empregadas no exterior, no que diz respeito a alterações dos níveis de ruído esperados para o canteiro de obras.

1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO

O presente estudo está organizado em cinco capítulos:

- Capítulo 1 - apresenta o problema estudado, justifica, de forma resumida, a importância do estudo e define objetivos e as questões a investigar.

- Capítulo 2 – trata da revisão bibliográfica, conceituando e caracterizando o ruído e seus efeitos na audição. Apresenta estudos sobre o ruído na construção civil, define a metodologia de medição de ruído em canteiro de obra e apresenta pesquisas sobre as normas e regulamentações existentes no Brasil e exterior.

- Capítulo 3 – apresenta a metodologia utilizada para a realização do estudo.

- Capítulo 4 – trata dos resultados e análises das medições e dos questionários aplicados aos trabalhadores e comunidade.
- Capítulo 5 – apresenta as conclusões e traz recomendações de novos trabalhos referentes ao tema.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor da construção civil ocupa um papel importante no crescimento das economias industrializadas, principalmente nos países em desenvolvimento. Esse setor constitui-se em um dos principais elementos de geração de emprego no Brasil.

De acordo com levantamento do SENAI (1995), a construção civil conserva fortes traços tradicionais de organização do trabalho, sendo que seus trabalhadores representam 6% da mão-de-obra no país.

As condições precárias em que trabalha a mão-de-obra deste setor e sua alta rotatividade refletem-se em um significativo índice de acidentes de trabalho e de doenças ocupacionais. Uma dessas doenças é a perda auditiva gerada pela exposição excessiva a ruídos.

Para se estudar os problemas causados pela exposição sonora nos canteiros de obra da construção civil, deve-se conhecer a onda sonora, suas propriedades e os efeitos do ruído no homem. Esses aspectos são discutidos do item 2.1 ao 2.4.

2.1 DEFINIÇÃO DE SOM

O som é definido como uma oscilação de pressão que se propaga em qualquer meio material elástico, a uma velocidade característica daquele meio. Segundo BRÜEL & KJÆR (1982), o número de oscilações de pressão por segundo é chamado de frequência do som, cuja unidade é ciclos por segundo ou Hertz (Hz).

De acordo com RUSSO (1999), o ouvido humano é, em geral, sensível somente aos sons cuja faixa de frequência se situa entre 20 e 20000 Hz, sendo que as ondas sonoras que apresentam

freqüências inferiores a 20 Hz são denominadas infra-sônicas, ao passo que as superiores a 20000 Hz são denominadas de ultra-sônicas.

A propagação do som se faz através de ondas esféricas, uniformes e em todas as direções. No entanto, qualquer obstáculo nessa trajetória pode causar alterações na propagação, modificando sua trajetória, reduzindo a velocidade ou, até mesmo, impedindo a transmissão.

A velocidade do som depende das características do meio em que ocorre a propagação, sendo que, no ar, a velocidade do som, para uma temperatura a 20°C, é de 343 m/s, segundo GERGES (2000). A velocidade do som pode ser calculada através da relação entre comprimento de onda e freqüência, segundo a equação:

$$c = f \times \lambda \text{ [m/s]} \quad (1)$$

onde:

c é a velocidade do som [m/s]

f é a freqüência [Hz]

λ é o comprimento de onda [m]

No tocante à amplitude do som, a faixa que vai do limiar de audição ao limiar da dor varia de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ a 200 N/m^2 . Contudo, por conveniência de manuseio e melhor aproximação da percepção humana, as amplitudes sonoras são expressas não de forma absoluta e linear, em N/m^2 , mas de forma relativa, numa escala logarítmica conhecida como escala decibel (ou, abreviadamente, dB).

Assim, define-se o nível de pressão sonora (NPS) correspondente a uma pressão sonora (P) pela seguinte expressão:

$$\text{NPS} = 10 \log (P^2/P_0^2) = 20 \log (P/P_0) \quad (2)$$

onde P_0 corresponde ao limiar de audibilidade ($= 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$).

Contudo, o ouvido humano não é igualmente sensível em todas as faixas de frequência. Assim, foram estabelecidas as curvas de compensação A, B, C e D, padronizadas internacionalmente de forma a modelar o comportamento do ouvido humano e introduzidas nos conceitos dos medidores de nível de pressão sonora. De acordo com SALIBA (2000), o circuito “A” aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, o circuito “B”, para médios níveis de pressão sonora e o circuito “C” para níveis mais altos de pressão sonora. A curva de compensação “D” foi padronizada para medições em aeroportos. Hoje, somente o circuito “A” é largamente utilizado, uma vez que os circuitos “B” e “C” não tiveram boa correlação em testes subjetivos.

2.2 RUÍDO

NEPOMUCEMO (1994) define o ruído como “o fenômeno audível, cujas frequências não podem ser discriminadas, porque diferem entre si por valores inferiores aos detectáveis pelo aparelho auditivo”. Já para GERGES (2000), o conceito de ruído é associado a um som desagradável e indesejável.

O ruído afeta diretamente o bem-estar físico e mental de todas as pessoas, principalmente de trabalhadores que são expostos diariamente a altos níveis de pressão sonora. A exposição prolongada ao ruído deteriora o sistema auditivo e provoca alterações fisiológicas no organismo humano, tais como: aceleração do ritmo cardíaco, modificação do ritmo respiratório, variação da pressão arterial, estresse e outras (JOSSE, 1975). Nessas condições, o ruído causa várias perturbações, acarretando reações involuntárias prejudiciais à saúde e afetando a atividade produtiva do momento.

2.2.1 Nível Equivalente de Pressão Sonora – *Leq*

Segundo GERGES (2000), o potencial de danos à audição depende não só do nível de um dado ruído, mas também de sua duração. Portanto, durante um período de tempo, os níveis de ruído podem sofrer alterações de intensidade e frequência. Se um ruído é constante, é simples determinar-se o nível, contudo, se o ruído varia, este deve ser amostrado repetidamente, durante um período bem definido de tempo. Com base nas amostragens, é possível calcular um número único, que tem o mesmo potencial de lesão auditiva do nível variável considerado, denominado

Leq , que representa um nível contínuo estacionário equivalente em dB. Matematicamente, o nível equivalente de pressão sonora, Leq , é definido segundo a equação:

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right] \quad (3)$$

onde:

L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (*fast*), a cada dez segundos, durante pelo menos cinco minutos;

n é o número total de leituras.

Nas medições feitas em dB(A), o valor obtido será $Leq(A)$.

De acordo com RUSSO (1999), uma exposição contínua a um ruído superior a 85 dB(A) pode causar perda permanente de audição, sendo que, acima desse nível, um aumento de apenas 5 dB implica a redução pela metade do tempo permitido de exposição ao ruído.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE RUÍDO

Conforme as fontes, os ruídos provenientes dos equipamentos da construção civil podem ser definidos de duas formas: ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto.

2.3.1 Ruído Contínuo ou Intermitente

Para SALIBA (2000), o ruído contínuo ou intermitente é aquele cujo NPS varia 3 dB durante um período longo (mais de 15 minutos) de observação. Segundo a NR-15 – Atividades E Operações Insalubres, Anexo nº 1, que determina os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, o ruído contínuo é aquele não classificado como ruído de impacto e que deve ser medido em decibéis (dB), com o instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de resposta lenta (*SLOW*). O limite de tolerância à exposição aos níveis de ruído nessas circunstâncias é de 115 dB(A).

2.3.2 Ruído de Impacto ou Impulsivo

A NR-15, Anexo nº 2, entende por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, em intervalos superiores a 1 segundo. A medição deve ser feita com medidor de nível de pressão sonora, medidos em decibéis (dB), operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto. Na ausência de um medidor com circuito de resposta para impacto, são válidas as leituras feitas no circuito de resposta rápida (*FAST*) e circuito de compensação “C”. O limite de tolerância para ruído de impacto é de 130 dB (LINEAR) e 120 dB(C).

2.4 EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM

Para GERGES (2000), se faz necessário conhecer o funcionamento e o comportamento do sistema auditivo, para que se possam entender os problemas que a excessiva exposição ao ruído traz para a audição. O ouvido humano percebe e interpreta o som e, quando exposto ao ruído, é dotado de mecanismos protetores que, durante e após a estimulação acústica, alteram a sensibilidade auditiva, segundo RUSSO (1999).

O ouvido humano é dividido em três partes:

- ouvido externo – as ondas sonoras são captadas pelo pavilhão auricular e levadas através do canal auditivo até o tímpano;
- ouvido médio – ao vibrar, o tímpano emite ondas sonoras que são amplificadas através de ligações com três ossículos: martelo, bigorna e estribo;
- ouvido interno – as vibrações são transmitidas por nervos até o cérebro, através da cóclea, responsável pela audição. A cóclea é uma espiral cônica com três tubos onde circulam dois líquidos, perilinfa e endolinfa.

Segundo KRYSTER (1970) *apud* BERTUCCI (1999), problemas auditivos podem ser de natureza orgânica – em função da idade ou por problemas na formação do aparelho auditivo, ou então, de natureza social, devido ao excesso de exposição ao ruído nas atividades de trabalho ou aos elevados níveis de ruído das grandes cidades.

Para DEUS (1999), os efeitos do ruído variam desde perdas passageiras da audição até perdas permanentes de audição, sendo a variabilidade dependente de diferentes fatores, tais como: intensidade do ruído, tempo de exposição e a idade do indivíduo.

Os efeitos do ruído na audição podem ser de três tipos: mudança temporária no limiar (TTS – “*Temporary Threshold Shift*”), trauma acústico e mudança permanente no limiar (PTS – “*Permanent Threshold Shift*”), que são discutidos nos próximos itens.

2.4.1 Mudança Temporária no Limiar (TTS)

A mudança temporária no limiar ocorre após a exposição ao ruído moderado de qualquer natureza, podendo causar uma perda temporária auditiva. Esse fenômeno não é permanente, retornando a normalidade após um período de repouso auditivo, segundo descreve SALIBA (2000).

Entre os fatores que podem influenciar a duração da TTS, segundo MELUZZI (1979) *apud* RUSSO (1999), estão:

- intervalo de recuperação – tempo entre o fim da estimulação e a determinação do limiar após a exposição;
- a intensidade do estímulo;
- a frequência do estímulo.

Ruídos de baixa frequência não produzem tanta fadiga auditiva quanto os de alta frequência. Segundo PARENTE *et al.* (2002), essa característica está atribuída à ressonância no canal auditivo. Este canal tem cerca de 2,75cm de comprimento, a que corresponde à frequência fundamental de 3.000 Hz num tubo fechado.

2.4.2 Trauma Acústico

Os ruídos de grande intensidade e curta duração, como os de impacto ou impulsivos (explosões, detonações, etc.), podem causar perda auditiva imediata, severa e permanente. Esses ruídos são

considerados os mais nocivos ao ouvido humano, podendo lesar a delicada estrutura sensorial do ouvido interno.

2.4.3 Mudança Permanente no Limiar (PTS)

A mudança permanente no limiar (PTS) é, também, conhecida por Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), sabidamente uma perda auditiva ocupacional.

RUSSO (1999) define a PAIR como decorrente de um acúmulo de exposição ao ruído por um longo período de tempo, repetida constantemente, caracterizada geralmente por um desenvolvimento lento e gradual, face à exposição a ruídos contínuos ou intermitentes.

De acordo com SALIBA (2000), a perda auditiva acontece normalmente em altas frequências, entre 3000 e 6000 Hz, em função da anatomia e dinâmica do aparelho auditivo.

Em sua fase inicial, a perda auditiva pode ser temporária, mas, posteriormente, dá lugar a uma perda auditiva mais acentuada e irreversível, levando a dificuldades de compreensão da fala e intolerância a ruídos mais altos (conhecida como “recrutamento”).

RUSSO (1999) lembra que, tal como na mudança temporária, a mudança permanente é influenciado por alguns fatores como: a intensidade e frequência do ruído, o tempo e local de exposição e da suscetibilidade individual.

Segundo BERGUND *et al.* (1999), as pessoas respondem diferentemente ao mesmo estímulo de ruído. Estas diferenças individuais podem ser grandes e é freqüentemente útil para considerar a resposta comum de grupo de pessoas expostas ao mesmo nível de pressão sonora. Em estudos de incômodo é considerada normalmente a porcentagem de indivíduos incomodados, porque correlata melhor com os níveis de pressão sonora medidos.

Para SOUZA (2002), durante o sono, o ruído de até 50 dB(A) (L_{eq}) pode perturbar, mas é adaptável. Acima de 55 dB(A), o ruído provoca leve estresse, excitação, causando dependência e levando a durável desconforto. Com 65 dB(A), começa o estresse no organismo aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções e outras complicações. A 80 dB(A), há liberação de

morfinas biológicas, provocando prazer e completando o quadro de dependência. Em torno de 100 dB(A), pode haver perda imediata da audição.

2.5 RUÍDO AMBIENTAL

De acordo com BERGUND *et al.* (1999), o ruído ambiental, também chamado de ruído comunitário, é definido como ruído emitido de todas as fontes, exceto os ruídos de trabalho industrial. As principais fontes de ruído comunitário incluem: estradas e tráfego aéreo; indústrias, construções e obras públicas; e os bairros.

Segundo JOB (1991), vários fatores influenciam na reação da comunidade ao ruído, entre eles: variáveis demográficas (idade, sexo, situação econômica, etc); hora do dia; intensidade e duração do ruído; percepção quanto ao tipo de ruído. Estes fatores podem interagir entre eles, tendo um papel importante no efeito da reação da comunidade em relação à exposição ao ruído.

ARANA e GARCIA (1998), em estudo sobre ruído ambiental em áreas residenciais de Pamplona, Espanha, levantaram o nível de pressão sonora equivalente em 185 diferentes locais da cidade, uniformemente distribuídos, e constaram que 59% destes locais excederam o nível de pressão sonora de 65 dB(A). Pesquisas em cinco áreas representativas da cidade mostraram que o incômodo com o ruído é um sério problema, em particular, a percentagem de pessoas que sofrem de distúrbios do sono é inaceitável em três das cinco áreas pesquisadas.

O controle de ruído ambiental deveria incluir medidas para limitar o ruído na fonte, controlar o caminho de transmissão do som, proteger o local do receptor, planejar o uso do solo e elevar a consciência pública. Com um planejamento cuidadoso pode-se evitar ou reduzir a exposição a ruído.

SANTOS e DUARTE. (1992), em uma avaliação qualitativa do ruído em comunidade de baixa renda e entendimento de como o som é interpretado pelos moradores, observam que quando os sons são provenientes de fontes sonoras “culturalmente aceitáveis” (som de rádio gravador com música do seu agrado, rodas de pagode, culto religioso, etc.), suas reações são de maior tolerância ao ruído.

De acordo com CAMPOS *et al.* (2002), os problemas rotineiros da comunidade, o ruído de trânsito e a falta de uma consciência voltada ao conforto e a cobrança de espaços adequados, comprometem cada vez mais o bem estar dos cidadãos. O baixo grau de conhecimento das lesões causadas ao longo da vida, pela exposição contínua a elevados índices de ruídos, provoca nas pessoas lesões sutis, que somente percebem a surdez quando se encontram na situação de gravidade avançada.

Para FARNHAM e BEIMBORN (1991), barreiras acústicas podem ser usadas na redução do ruído de tráfego nos bairros residenciais. Porém podem ter um substancial efeito visual, separando a rodovia da comunidade. Elas mudam a visão da rodovia na comunidade de bairro criando barreiras para outras áreas e desenvolvendo uma sensação de isolamento. Um sistema eficiente de controle de ruído de tráfego pode ser conseguido se os seguintes princípios forem adotados: diversidade de uso de materiais para melhorar as características estéticas das barreiras; integrar as barreiras com a paisagem; incorporar as características físicas, culturais e históricas da região; consultas com representantes da comunidade, município e outros.

WATTS *et al.* (1999), em estudo para analisar as influências das barreiras de vegetação na redução de ruído de tráfego, concluíram que a presença de vegetação entre a fonte e o receptor tem pequeno efeito no espectro de som, embora ajude na redução nos níveis de pressão sonora nas altas frequências. As vantagens das barreiras vegetais sobre as barreiras de metal estão mais nos efeitos psíquico-visuais do que no benefício significativo para a redução do ruído.

Segundo FRY (1988), barreiras acústicas deveriam ser mais largas e mais altas do que realmente são. Como isto não é possível, as barreiras deveriam circundar a fonte. A altura mínima das barreiras deveria ser tal que nenhuma parte da fonte de ruído seja visível do ponto de vista do receptor.

2.6 RUÍDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Muitos trabalhadores da construção civil perdem grande parte de sua audição lentamente, sem perceber, devido à exposição excessiva ao ruído. Essa exposição não só causa danos ao aparelho auditivo como, também, pode trazer aos trabalhadores cansaço e nervosismo, assim como enfermidades cardíacas, elevação da pressão, insônia e outras.

A NIOSH calculou, em 1992, que 87,37% da mão de obra de construção dos EUA foram expostas a níveis sonoros maiores que 85 dB(A). Em 1981, estudos da Agência de Proteção Ambiental dos EUA calculou que 513.000 trabalhadores da construção foram expostos a níveis sonoros maiores que 85 dB(A).

Segundo NEITZEL (2002), em um estudo de 1988, na Alemanha, com 8.498 trabalhadores da construção, encontrou níveis comuns de exposição ao ruído que variaram de 81-92 dB(A), com medidas de pico de 115-120 dB(A). As pesquisas indicaram que estes trabalhadores estavam pobremente informados sobre os riscos da exposição ao ruído.

SINCLAIR *et al.* (1995) *apud* NEITZEL (2002), em um estudo de 1995 no Canadá, avaliaram os níveis sonoros em 27 locais de construção, em um período de 14 meses. Os locais de construção residencial tinham um nível médio de exposição ao ruído de 93,1 dB(A), sendo o nível médio de exposição em carpinteiros de 89,6 dB(A), enquanto que para ferreiros, obteve-se um nível médio de exposição de 105,4 dB(A).

Segundo NEITZEL *et al.* (2002), do Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de Washington, a exposição ao ruído foi reconhecida como um fator que causa uma perda de audição por muitas centenas de anos. A Perda de Audição Induzida pelo Ruído (NIHL) está entre as doenças profissionais mais prevalentes na construção civil. Traz conseqüências sérias à habilidade dos indivíduos para se comunicarem, dificultando o reconhecimento de advertências audíveis, e, ainda, pode conduzir as tensões no trabalho, somadas a um baixo nível de produtividade.

2.6.1 Fontes geradoras de ruído na construção

De acordo com BERISTAIN (1998), os lugares de construção geram múltiplos ruídos do mais alto nível, que afetam significativamente a comunidade. É normal que ocorram ruídos contínuos e impulsivos com amplitudes muito variadas, devido às características da atividade construtiva. Apesar de poder pouco se fazer para reduzir estes tipos de ruídos, pode-se colocar barreiras temporárias, além de limitar o horário de trabalho da construção, de tal maneira que se permita o descanso adequado dos habitantes da região. Assim, evita-se a possibilidade de gerar danos à comunidade, tendo esta que entender que se trata de uma fonte de ruído temporário, que produzirá mudanças estéticas, funcionais e econômicas à área que se habita.

A maioria dos ruídos na construção civil provém de equipamentos. Segundo CARDOSO (1990), equipamento é o conjunto de tudo aquilo que serve para equipar, prover e abastecer uma construção, sendo as ferramentas e máquinas de larga utilização na construção civil as maiores fontes de emissão de ruído.

No setor da construção civil, são utilizados equipamentos cada vez mais velozes, tornando as atividades dos trabalhadores, na maioria das vezes, mais ruidosas, o que gera perda auditiva e outros efeitos nocivos à saúde dos trabalhadores, conforme apresentado por MAIA & BERTOLI (1998).

Uma das características do ruído na construção civil é a alta proporção de ruído impulsivo, presente em atividades tais como: bate-estacas, impacto devido a lascamentos, processos de perfuração e retiradas de entulhos, entre outras. Níveis altos de ruído impulsivo podem causar trauma acústico.

Para ALLAN (1988), o bate-estaca é uma das mais intensas fontes de ruído encontradas em locais de construção e uma das mais difíceis de silenciar. Métodos convencionais mais extensos de controle de ruído provavelmente conseguirão apenas entre 5 e 10 dB(A) de atenuação sobre os equipamentos padrões, onde o mais desejável seria 30 dB(A). Métodos alternativos de estaqueamento, quando apropriados, podem trazer reduções mais benéficas nos níveis de ruídos. Por exemplo, perfuratrizes podem ter níveis entre 10 e 20 dB(A) menores que um bate-estaca e alguns sistemas mais silenciosos de perfuração podem ser até 30 dB(A) menos ruidosos.

2.6.2 Controle de ruído nos locais de construção

Segundo a WHO (1980), uma Diretiva da União Européia requer que as máquinas sejam projetadas e construídas de forma a minimizar as emissões de ruído. São exigidas declarações de emissões de ruído de máquinas, não só para permitir aos potenciais compradores selecionar os equipamentos menos ruidosos, mas também para calcular o impacto desses ruídos em lugares de trabalho e ajudar no planejamento de controle do mesmo.

Estudos desenvolvidos pela Universidade de Washington, Departamento de Saúde Ambiental, de acordo com NEITZEL *et al.* (2002), com cinco classes de trabalhadores da construção civil (carpinteiros, pedreiros, armadores, eletricitas e engenheiros operacionais) avaliaram o nível de exposição ao ruído em vários canteiros de obra diferentes e em períodos de tempo em que os trabalhadores estavam desenvolvendo certas tarefas com o uso de ferramentas. Foram comuns, nesses trabalhadores, exposições entre 80 e 85 dB(A), porém uma grande parcela, de 24 a 42%, estava exposta a mais de 85 dB(A), conforme apresenta a TABELA 3, nível que a OSHA e WISHA exigem um programa de conservação de audição e que, pela legislação brasileira, tem de haver redução na jornada de trabalho. Uma parcela menor, de 5 a 16%, foi exposta a 90 dB(A), nível de ruído que deve ser reduzido através de controles.

TABELA 3 - Nível médio de exposição ao ruído em trabalhadores da construção civil.

TRABALHADOR	Nº de MEDIÇÕES	NÍVEL MÉDIO <i>Leq_{8h}</i> (A)	% > 85 dB(A)
Carpinteiro	122	82,2	42
Pedreiro	113	83,3	42
Armador	55	82,3	31
Engenheiro	48	83,5	42
Eletricistas	174	80,9	24

Fonte: *University of Washington Department of Environmental Health.*
<http://staff.washington.edu/rneitzel/>

MAIA (1999), analisa o potencial de riscos das mudanças permanentes no limiar auditivo induzida pelo ruído (NIPTS), de ajudantes gerais, pedreiros, armadores e carpinteiros e compara as NIPTS com as perdas geradas pela exposição ao nível de ação (82 dB(A)) e com as geradas pelo limite de tolerância (85 dB(A)), calculada de acordo com a ISO 1999:1990. Conclui, em seu estudo, que em todas as funções estudadas existem fontes ruidosas com potencial para causarem

danos irreversíveis ao ouvido do trabalhador. Conclui ainda, conforme os resultados apresentados em sua pesquisa, que os ajudantes gerais não necessitam de maiores cuidados quanto à exposição ao ruído. Os pedreiros e armadores necessitam apenas de medidas preventivas para evitar exposições ao ruídos maiores que as vivenciadas nestes últimos anos. Na função de carpinteiro, as perdas auditivas medianas induzidas pelo ruído são consideráveis (entre 8 e 9 dB). Essas perdas, somadas àquelas associadas à idade e outros fatores, podem resultar em prejuízos auditivos capazes de influenciar a comunicação e, em consequência, a qualidade de vida dos trabalhadores dessa função.

MOURE (1998), em um estudo realizado em um canteiro de obra com 35 trabalhadores de uma grande construtora, para avaliação do nível diário de exposição sonora, conclui que no emprego de protetores auriculares ao longo da vida profissional, a sua atenuação acústica real é muito menor que a eficácia teórica citada pelo fabricante.

NANTHAVANIJ *et al.* (1999) apresentam um método de análise para estimar mapas de ruído em locais de trabalho. Neste método, engenheiros podem construir mapas de ruído com mais facilidade do que os métodos tradicionais, que requerem levantamento de níveis de pressão sonora medidos diretamente nos vários locais de trabalho, e, assim, prever locais para novos equipamentos ruidosos sem que estes afetem as áreas de proteção necessárias.

OLIVEIRA e CAMAROTTO (1993), em estudo sobre controle de ruído em uma fábrica do setor metal-mecânico, descreve que as principais causas de ruído existentes no local são: movimentação de materiais e funcionamento das prensas e disposição das máquinas. Propõe, para atenuação do ruído, medidas de controle na fonte e no percurso, tais como: modificações no carrinho de movimentação de materiais, revestindo-o com material absorvente e instalando rodas de borracha com amortecedores, e o enclausuramento da esteira com materiais absorventes que dificultem a propagação do som. Encerra com propostas de intervenção no *layout* e a construção de salas de descanso ou salas silenciosas, que seriam utilizadas pelos operários.

Considerando as três áreas de atuação para o controle de ruídos, geração, propagação e recepção, a redução na fonte é de máxima importância para obterem-se razoáveis decréscimos nos níveis de ruídos. Essa, porém, é talvez a de mais difícil atuação, pois significa alterar projetos e modos de produção na indústria de equipamentos. O caminho de propagação, por outro lado, apresenta-

se como o mais apto a alterações, porém, o planejamento e o zoneamento para isolar-se o ruído das áreas de sensibilidade podem não resultar em sucesso, devido à duração da obra e o processo transitório por natureza da construção civil.

Devido às atividades do canteiro de obra acontecerem periodicamente em ambientes abertos, a construção, em si só não proporciona condições de isolamento sonoro, a não ser nos estágios finais da mesma, quando as atividades se tornam internas, como no caso dos acabamentos.

O enclausuramento das fontes de ruído num canteiro de obra poderá diminuir o ruído para níveis aceitáveis, porém, os ocupantes do canteiro terão problemas maiores ao permanecerem enclausurados junto às fontes, devido às reflexões proporcionadas pelas paredes do enclausuramento.

Para monitoramento de canteiros de obra, deve-se tomar algumas precauções, devido a vários fatores que se fazem presentes ao longo do desenvolvimento da obra:

- As medidas de tempo devem ser longas o suficiente para serem representativas, devido a maior intensidade de ruído em curtos períodos de duração;
- Dependendo da natureza da operação, os níveis variam significativamente para diferentes áreas em torno do canteiro de obras;
- Nos canteiros de obra localizados próximos a vias e auto-estradas, ferrovias, aeroportos ou outras fontes, o ruído ambiental pode ser alto o suficiente para interferir nas medições.

Para DIAS e SLAMA (1998), torna-se necessário pesquisar novas metodologias, com a finalidade de eliminar ou reduzir ao máximo a emissão de ruídos nos locais de trabalho, redigir normas e guias de recomendações, abordar estratégias e medidas de luta contra o ruído e produzir estudos e previsões de ruído nos locais de trabalho.

2.7 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

São várias as normas e regulamentações nacionais e internacionais referentes aos níveis de pressão sonora recomendados para conforto acústico ou relacionados à poluição sonora. Dentre as existentes, serão discutidas as principais normas relativas ao controle de ruído em canteiro de obras.

2.7.1 Normas Internacionais

Environmental Health Criteria 12 – WHO (1980) congrega estudiosos de todo o mundo para discussão e publicação dos efeitos lesivos do ruído ambiental, incluindo o ambiente do trabalho, na saúde do Homem. Concluí que os governos devem adotar legislações modernas e, visto que se trata de um grave problema de saúde pública, alertar e orientar as comunidades.

As regulamentações de vários países apresentam similaridades entre si, mas observam-se diferenças nos valores do nível de pressão sonora médio para 8 horas de exposição, assim como para taxa de incremento de duplicação de dose.

A WHO publicou em março de 1999, diretrizes que incluem valores de referência para o ruído comunitário e lista os efeitos críticos na saúde, que vão desde a irritação até a debilidade auditiva, conforme TABELA 4.

TABELA 4 – Valores de referência para ruído comunitário e seus efeitos na saúde.

Ambiente	Efeito crítico de saúde	Níveis de som dB(A)	Tempo de exposição (horas)
Áreas de convivência ao ar livre	Irritação	50 - 55	16
Habitações – recinto fechado	Inteligibilidade de fala	35	16
Quartos	Perturbação do sono	30	8
Salas de aula escolares	Perturbação da comunidade	35	Durante o período de aula
Industrial, comercial e áreas de tráfico	Debilitação auditiva	70	24
Música – fones de ouvido	Debilitação auditiva	85	1
Festas e eventos	Debilitação auditiva	100	4

Fonte: World Health Organization. <http://www.who.int/>

Segundo ANTUNES *et al.* (2001), a OIT - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (1974), estabelece, para níveis de exposição ao ruído, o limite de alerta em 85 dB(A) e o limite de perigo em 90 dB(A), não devendo haver exposição sem proteção que ultrapasse 115 dB(A), em ruídos contínuos. Para os ruídos impulsivos ou de impacto, estabelece-se um máximo de 130 dB(A) e para os ruídos intermitentes, um máximo de 120 dB(A). Para todos esses níveis de ruído, deverá haver proteção auricular, sendo que jamais o ruído deverá atingir níveis superiores a 140 dB(A), para qualquer tipo de protetor individual e qualquer tempo de exposição.

A ISO 1999:1990 apresenta uma forma de cálculo para a previsão de risco de perda auditiva à população exposta, de acordo com a faixa etária e exposição, segundo o nível de pressão sonora equivalente contínuo – *Leq*, de 8 horas diárias de exposição. Além da previsão do risco, a norma determina a perda auditiva de uma população otologicamente normal não-exposta ao ambiente ruidoso.

A OSHA (*OCCUPACIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION*) fixou um Limite de Exposição Permissível (PEL) de 90 dB(A), enquanto a WISHA (*WASHINGTON INDUSTRIAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION*) e o NIOSH (*NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPACIONAL SAFETY AND HEALTH*) usam o limite mais protetor de 85 dB(A). Os trabalhadores expostos a níveis limites da exposição permissíveis devem usar proteção de audição e ser associados a Programas de Conservação de Audição onde recebem testes de audição anual e treinamentos de como prevenir a NIHL (perda de audição induzida pelo ruído).

A OSHA e WISHA utilizam uma taxa de incremento de duplicação para cálculos de dose de ruído de 5 dB, enquanto a NIOSH e a ISO (*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*) usam uma taxa de incremento de duplicação de dose mais protetora de 3 dB. A taxa de incremento de duplicação de dose corresponde ao acréscimo em dB(A) que reduz o tempo de exposição ao ruído pela metade.

A TABELA 5 apresenta regulamentações de diversos países para a exposição ao ruído ocupacional, no tocante às taxas de exposição para trabalhadores (*Leq* de 8 horas), ao nível de equivalência (taxa de duplicação de dose) e ao limite máximo para níveis de pressão sonora.

TABELA 5 – Legislação sobre ruído ocupacional para diversos países.

País	Norma	Leq(A) - 8h	Taxa*	Limite máximo
INTERNACIONAL				
ISO <i>International Organization for Standardization</i>	ISO 1999:1990	–	3	–
ESTADOS UNIDOS				
ANSI <i>American National Standards Institute</i>	S3.44-1996	–	3	–
OSHA <i>Occupational Safety and Health Administration</i>	29 CFR 910.95	90 (controle de ruído) 85 (conservação da audição)	5	115dB(A) (<i>slow</i>) 140 dB(A) (instantâneo)
NIOSH <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>	DHHS 98-126	85	3	140 dB(A)
WISHA <i>Washington Industrial Safety and Health Administration</i>	WAC 296-62 Part K	90 (controle de ruído) 85 (conservação da audição)	5	115 dB(A) (<i>slow</i>) 140 dB(A) (instantâneo)
INGLATERRA				
<i>British Health and Safety Executive</i>	<i>Noise at Work Regulations, 1989</i>	85	3	140 dB(A) (instantâneo)
CANADÁ				
<i>British Columbia, Canada Work's Compensation Board</i>	<i>Occupational Health and Safety Regulations</i>	85	3	135 dB(A) (instantâneo)
<i>Canada (Federal) Labour Operations, Human Resources Development</i>	SRO/86-304	87	3	120 dB(A) (<i>slow</i>)
AUSTRÁLIA				
<i>Australian (National) Worksafe</i>	NOHSC: 1007 (1993)	85	–	140 dB(A) (instantâneo)
NOVA ZELÂNDIA				
<i>New Zealand Occupational Safety and Health Service</i>	Workplace Exposure Standards 1994	85	3	115 dB(A) (<i>slow</i>) 140 dB(A) (instantâneo)

País	Norma	Leq(A) - 8h	Taxa*	Limite máximo
SINGAPURA				
<i>Singapore Department of Industrial Health</i>	<i>Factories (Noise) regulations, 1996</i>	85	3	115 dB(A) (slow)
ARGENTINA				
<i>Argentine Department of Health and Security</i>	<i>General Regulation</i>	90 (controle de ruído)	3	115 dB(A) (slow)
		85 (conservação da audição)		135 dB(A) (instantâneo)
POLÔNIA				
<i>Polish Ministry of Health and Social Security</i>	PN-84/N-01307	85	3	130dB (100 impulses/day) 120dB (1000 impulses/day) 110dB (10000 impulses/day)
BRASIL				
Ministério do Trabalho	NR -15	85	5	130 dB(A)
Fundacentro	NHO 01	85	3	115 dB(A)

Fonte: *University of Washington Department of Environmental Health.*

<http://staff.washington.edu/rneitzel/Stabdarts.htm>

* Taxa de incremento de duplicação de dose.

Nos Países Baixos da União Européia, não existe nenhuma legislação governamental para regulamentar o ruído nos locais de construção. Porém, há uma base de regras locais, onde o prefeito de uma municipalidade é autorizado a regular ou interromper atividades que causem incômodo. O prefeito entrará em ação, fundamentado em duas circulares publicadas em 1981 e 1991, tendo como base a recomendação de um nível sonoro máximo de 60 dB(A) durante o período de 07:00 e 19:00 h. Se a duração total dos trabalhos da construção for inferior a um mês, este nível pode ser elevado a 65 dB(A). Nos locais de escolas e hospitais, é aconselhado fixar um limite mais baixo.

Segundo KUERER (1997), na Alemanha, ruído é um importante critério na decisão de adquirir uma nova residência. Com este propósito, uma nova norma, a VDI 4100 (Controle de ruído em residências – Critérios para Avaliação e Planejamento) define três “Classes de Conforto

Acústico” (CAC) para melhorar o isolamento acústico em residências. Ela também incorpora valores de controle de ruído para diferentes subsetores na construção, como: isolamento para ruído de aeronaves, ruído de impacto, ruído de equipamentos técnicos internos, e ruídos externos. Os CAC’s são definidos por diferentes valores de isolamento, nas diferentes classes, da CAC I, para os mais baixos, a CAC III, para os melhores isolamentos de som.

Segundo BERISTAIN (1998), com objetivo de controlar a contaminação por ruído em diversos tipos de ambientes, existe no México uma norma específica que limita o nível de ruído que se pode produzir no limite da fonte emissora, dependendo do horário, sendo exigidos limites de 68 dB(A) para o dia e 65 dB(A) para a noite.

De acordo com FRY (1988), a norma inglesa BS 5228:1984 (*Noise Control on Construction and Open Sites*), recomenda, que as medidas de controle de ruído em canteiros de obra sejam definidas em dB(A) ($Leq(A)$), bem como sugere um limite de 75 dB(A) para o Leq médio sobre 2 horas diárias, num período de 7:00h às 19:00h.

A COMMONWEALTH OF MASSACHUSETTS – SECTION 721.560 (2002), especifica o limite máximo de emissão de ruído para equipamentos usados na construção, através de medições feitas a uma distância de 50 pés (15,24 metros) do equipamento, de acordo com os padrões ANSI S1.4, conforme apresentado na TABELA 6.

TABELA 6 - Limites de emissão de ruídos para equipamentos de construção a 50 pés (15,24 metros)*.

Equipamento	Lmáx Limite de ruído a 50 pés em dB(A) (<i>slow</i>)	O equipamento é um dispositivo de impacto?	Fator de Uso Acústico**
Qualquer equipamento > 5 HP	85	Não	50 %
Trado perfurador	85	Não	20 %
Escavadora operada por guindaste	80	Não	40 %
Serra circular	85	Não	20 %
Escavadeira	93	Sim	20 %
Compactador	80	Sim	20 %
Compressor de ar	80	Não	40 %
Betoneira	83	Não	15 %
Caminhão betoneira	85	Não	40 %
Bomba de concreto	82	Não	20 %

Equipamento	L_{máx} Limite de ruído a 50 pés em dB(A) (<i>slow</i>)	O equipamento é um dispositivo de impacto?	Fator de Uso Acústico**
Serra de concreto	90	Não	20 %
Furadeira de impacto	90	Sim	20 %
Retro-Escavadora	85	Não	40 %
Bate-estacas	90	Sim	10 %
Bate estacas de impacto/motor a diesel.	95	Sim	20 %
Britadeira de impacto	85	Sim	20 %
Britadeira de perfurar	85	Não	20 %
Vibrador de concreto	80	Não	20 %

Fonte: *Commonwealth of Massachusetts Section 721.560.*

<http://www.nonoise.org/resource/construc/bigdig.htm#1>

* Os limites de ruído são aplicados ao nível total de emissão do equipamento e de seus componentes associados, operando em potência máxima no seu funcionamento.

** "Fator de Uso Acústico" representa o percentual de tempo estimado que o equipamento estará em funcionamento com força máxima, durante o trabalho no canteiro.

2.7.2 Normas Brasileiras

MELLO JR (1998) afirma: “o ruído industrial e as doenças ocupacionais dele decorrentes constitui um objeto de estudo de grande relevância no âmbito internacional, devido às indenizações trabalhistas, a redução da produtividade no trabalho e aos tratamentos médicos correlatos a tais doenças. Estes fatores contribuem, anualmente, em bilhões de dólares para a diminuição do produto interno bruto de muitos países, principalmente daqueles em desenvolvimento, bloco no qual o Brasil se encontra”.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 1, de 8 de março de 1990, dispõe que os ruídos em níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151:2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, são prejudiciais à saúde e ao sossego público. O CONAMA determina ainda que, na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152:1987, da ABNT.

A Resolução CONAMA nº 2, de 8 de março de 1990, institui o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO, e dispõe que os limites máximos de emissão poderão ter valores mais rígidos fixados a nível estadual e municipal.

O Ministério do Trabalho e Emprego regulamenta as atividades no trabalho através de Normas Reguladoras, relativas à segurança e medicina do trabalho. Dentre estas normas, estão as NR-9, NR-15 e NR-17, que definem padrões e limites para exposição a ruídos.

A NR-9 - Programas de Prevenção de Riscos Ambientais estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação por parte de todos os empregadores e instituições, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, visando a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores.

Especificamente, a NR-15 - Atividades e Operações Insalubres - define critérios de insalubridade que visam à proteção dos trabalhadores expostos ao ruído e fixa valores limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto.

A NR-17 – Ergonomia define que nos ambientes nos quais haja solicitação intelectual e atenção constante, os níveis de ruído devem estar de acordo com o estabelecido na NBR 10152:1987. Em caso de não haver equivalência ou correlação com as atividades constantes em tal norma, o nível de ruído contínuo ou intermitente aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e o nível para ruídos de impacto não deverá exceder a 60 dB(C).

A FUNDACENTRO (2001) publicou a norma NHO 01 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído - em substituição a antigas normas (NHT-06 R/E – 1985; NHT-07 – 1985; NHT-09 R/E – 1986), onde as principais modificações e avanços são:

- Trata tanto da avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente, quanto da avaliação ao ruído de impacto;
- Introduce o conceito de nível de exposição como um dos critérios para a qualificação e caracterização da exposição ao ruído e o conceito de nível de exposição normalizado para interpretação dos resultados;

- Adota o valor “3” como incremento de duplicação de dose ($q = 3$ dB);
- Considera a possibilidade de utilização de medidores integrados e de medidores de leituras instantâneas.

De acordo com REGAZZI e ARAUJO (2002), existem divergências significativas entre as normas NR 15 e NHO 01 para os limites de tolerância do tempo de exposição a ruído contínuo ou intermitente (conforme apresentado na TABELA 7), e também, quanto ao fato de a NR 15 utilizar uma taxa de incremento de duplicação de dose igual a 5 dB, enquanto a NHO 01 determina que este valor seja igual a 3 dB.

TABELA 7 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR 15 e NHO 01.

Nível de Ruído dB(A)	Tempo máximo diário permissível	
	NR 15 (MTE)	NHO 01 (FUNDACENTRO)
85	8h	8h
86	7h	6h 20min
87	6h	5h
88	5h	4h
89	4h 30min	3h 10min
90	4h	2h 30min
91	3h 30min	2h
92	3h	1h 35min
93	2h 40min	1h 15min
94	2h 15min	1h
95	2h	47min
96	1h 45min	37min
98	1h 15min	23min
100	1h	15min
102	45min	9min
104	35min	5min
106	25min	3min
108	20min	2min
110	15min	1min
112	10min	55seg
114	8min	35seg
115	7min	27seg

Fonte: NR 15 – Anexo n.1 (Ministério do Trabalho e Emprego) e NHO 01 (Fundacentro).

Ainda segundo REGAZZI e ARAUJO (2002), a NR 15 não sofre alterações desde a publicação da Portaria 3.214 de 1978, sendo sua conclusão que não se pode abrir mão de garantir uma

condição prevencionista favorável ao trabalhador, baseado em conceitos e normas mais modernos, em detrimento a conceitos antigos, que trazem poucos, ou nenhum, benefício ao trabalhador.

Dentre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas ao ruído, destacam a NBR 10151:2000 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando Conforto da Comunidade – e a NBR 10152:1987 – Avaliação do Ruído Ambiente em Recintos de Edificação Visando o Conforto dos Usuários, atualmente em revisão.

A NBR 10151:2000 fixa as condições exigíveis para a aceitabilidade do ruído em comunidade e especifica um método para a medição, assim como as correções nos níveis medidos.

A NBR 10152:1987 fixa os níveis de ruídos em dB(A) compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos bem como apresenta um método para avaliação espectral do ruído através das curvas NR (*Noise Rating*) ou NC (*Noise Criteria*).

2.7.3 Norma Municipal

O município de Maringá/PR fixa, através da Lei Complementar Nº 218/97, o controle e a fiscalização das atividades que geram poluição sonora, e determina os limites máximos de ruídos permissíveis em cada zona de uso, nos períodos diurno e noturno, conforme as TABELAS 8 e 9.

TABELA 8 – Limites máximos de sons permissíveis em cada zona de uso.

ZONAS DE USO	DIURNO	NOTURNO
Zona Especial – ZE Zona de Proteção Ambiental – ZPA Zona Residencial – ZR Eixos Residenciais – ER	55 dB(A)	45 dB(A)
Zona Central – ZC Eixos de Comércio e Serviços ECS Terminal de Transportes – TT Central de Abastecimento – CA	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona Industrial 1 – ZI-1 Zona Comercial Atacadista - ZCA	65 dB(A)	55 dB(A)
Demais Zonas Industriais	70 dB(A)	60 dB(A)

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá – Lei Nº 218/97.

TABELA 9 – Limites máximos de sons permissíveis para construção civil.

SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
ATIVIDADES	NÍVEIS DE SONS E RUÍDOS
Atividades não confináveis	80 dB(A) para qualquer zona, permitidos somente no horário diurno.
Atividades passíveis de confinamentos	<p>Limite máximo diurno da Zona Industrial 1, acrescido de 5 dB(A) nos dias úteis, em horário diurno.</p> <p>Limite máximo noturno da Zona Central para o horário noturno, nos dias úteis.</p> <p>Limite máximo noturno da Zona Central para os horários diurno e noturno, aos domingos, feriados e pontos facultativos.</p>

Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá – Lei N.º 218/97.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como sendo um estudo de caso do tipo descritivo, no qual pretende-se caracterizar os equipamentos utilizados e os níveis de pressão sonora produzidos, em $Leq(A)$, em um canteiro de obra típico da cidade de Maringá – PR.

As principais questões investigadas foram: os níveis de pressão sonora produzidos num canteiro de obra típico de Maringá – PR e a percepção do trabalhador e comunidade quanto aos efeitos destes ruídos à sua audição.

O trabalho se desenvolveu segundo as seguintes etapas:

I – Seleção do canteiro objeto de estudo, representativo dos canteiros de obra da cidade de Maringá – PR, em termos de área, equipamentos utilizados e destino final, através de levantamento de dados estatísticos realizados pela Prefeitura Municipal de Maringá nos últimos vinte anos.

II – Levantamento e caracterização dos tipos de equipamentos (máquinas e ferramentas) ruidosos utilizados no canteiro de obra.

III – Medição e mapeamento do canteiro de obra, através do levantamento dos níveis de pressão sonora equivalente, $Leq(A)$, em vários pontos do canteiro.

IV – Análise dos dados sonoros, identificação de zonas geradoras de níveis sonoros, determinação da dose de exposição ao ruído nos operários da obra e comparação com os limites permitidos por norma.

V – Pesquisa junto aos operários e vizinhos do canteiro de obra para caracterização de possíveis efeitos produzidos pela exposição ao ruído.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Foi efetuado um levantamento para determinação da tipologia do canteiro de obra representativo da cidade de Maringá, consultando dados estatístico da Prefeitura Municipal de Maringá (PMM). Segundo estes dados, o setor residencial é responsável por 84,20% dos projetos arquitetônicos mais aprovados nos últimos vinte anos pela PMM, e a área média destes projetos de construção situa-se entre 150,00 m² e 350,00 m² (vide TABELAS 1 e 2)

O canteiro de obra selecionado para objeto de estudo desta pesquisa está localizado em um bairro residencial da cidade de Maringá, em um lote de 375,00 m² de área total, compreendendo a construção de dois blocos de edificação residencial em alvenaria com área total de 202,72 m².

Este canteiro situa-se entre três residências (laterais e fundo), junto a uma rua residencial de pouco fluxo de veículos, mas muito próximo de uma avenida de ligação entre bairros com grande fluxo de veículos (carros, motos e caminhões), que geram grande ruído de fundo no local, vide FIGURA 1.

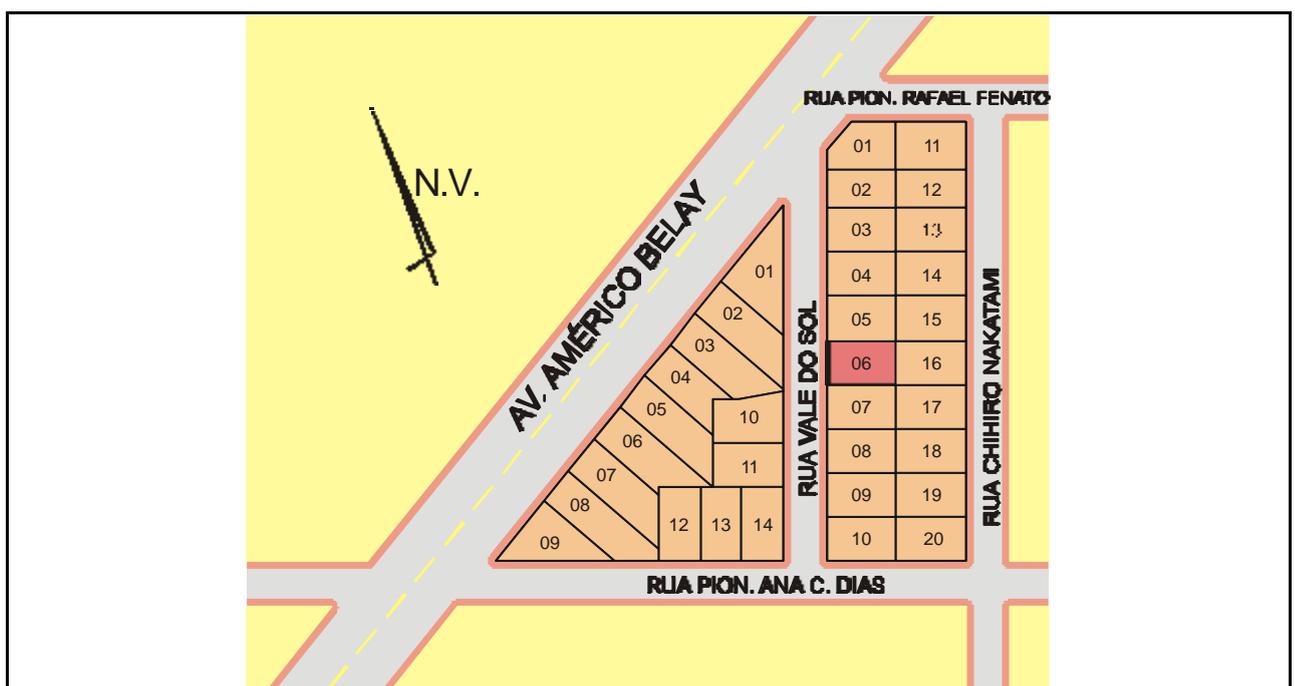


FIGURA 1 – Implantação do canteiro de obra no bairro.

3.1.1 Descrição do lote e da edificação

Localização: Rua Vale do Sol nº: 91, Lote 06, Quadra 99, Jardim Imperial, Maringá - PR

Dimensões do Lote: 15,00m X 25,00m

Área Total do Lote: 375,00 m²

Área Total da Construção: 202,72 m²

Autor do Projeto Arquitetônico: Arquiteto - Marisa Shimabokuru Kusakawa

Responsável pela Execução: Engenheiro Civil - Jose Aparecido Canova

3.1.2 Levantamento técnico/construtivo da edificação

Apesar do constante surgimento de novos materiais e processos construtivos, em todo território nacional, o sistema com paredes de alvenaria em tijolos de cerâmica vazados e estruturas independentes de concreto armado continua sendo o mais empregado nas edificações unifamiliares.

O sistema construtivo empregado na obra em estudo é chamado de sistema convencional, onde os principais elementos (paredes, lajes e cobertura) são executados no canteiro de obra e utilizam-se técnicas e materiais construtivos convencionais, como tijolos cerâmicos vazados, concreto, madeira e telhas cerâmicas.

A edificação, com área total de 202,72 m², foi projetada para abrigar a área de lazer de uma residência, constituída de 02 blocos de construção isolados. O bloco principal está locado à esquerda do lote, em 02 pavimentos com área de 142,11 m², subdivididos em: garagem, salão de festas, cozinha/churrasqueira, varanda, sala de ginástica e *home theater*. O bloco secundário, com área de 60,61 m², encontra-se à direita do lote, subdividido em: piscina, sauna, sanitário e depósito, conforme FIGURA 2.

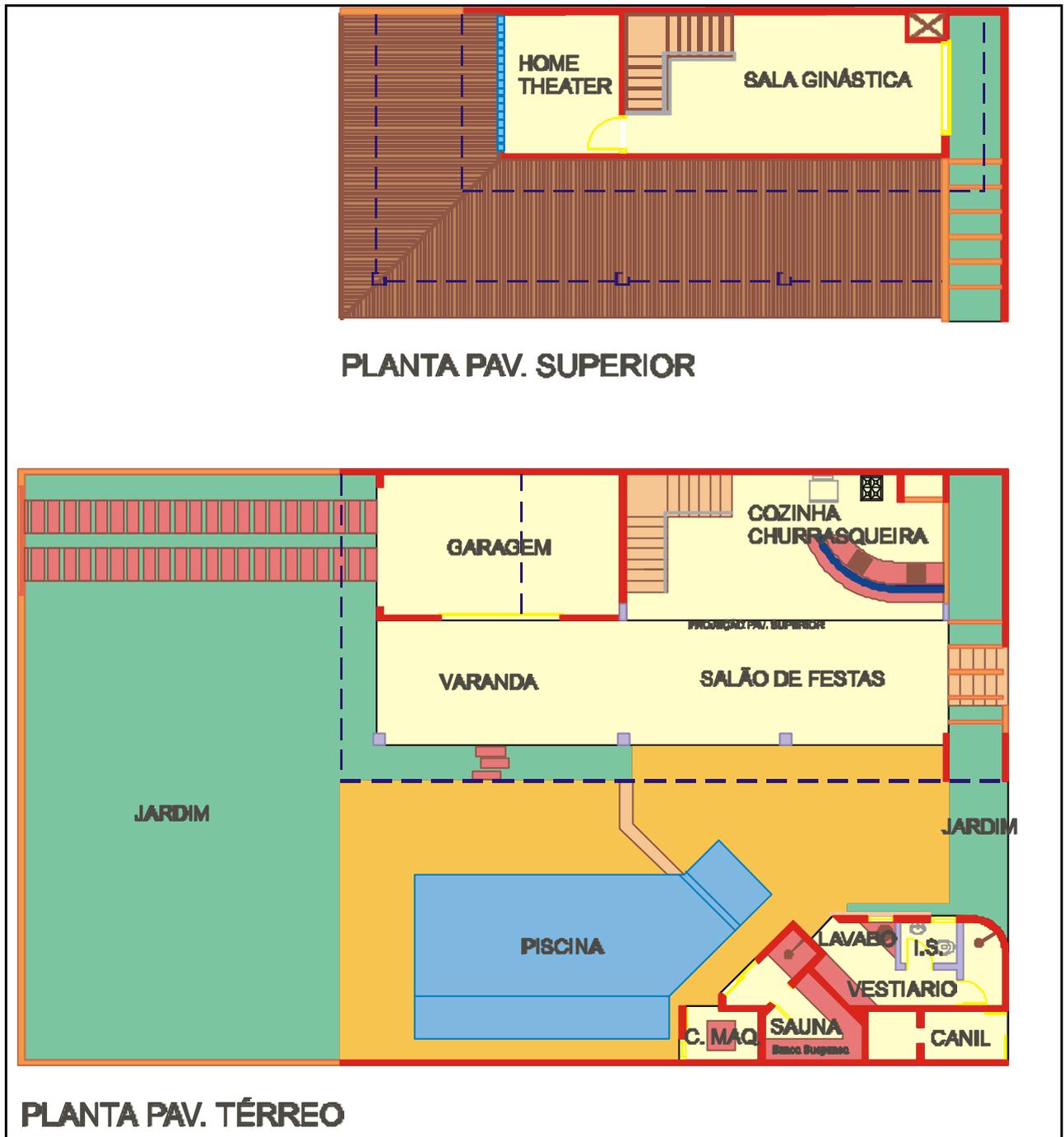


FIGURA 2 – Localização da obra no canteiro de obra.

A obra foi executada por 05 funcionários, sendo: um mestre de obra, dois pedreiros e dois serventes. Os serviços de armação de ferragem, formas de madeira e madeiramento da cobertura foram executados pelo mestre de obra. O concreto utilizado nas estruturas (pilares, vigas e lajes) e contra piso foram manipulados “in loco”, com o auxílio de uma betoneira, ficando apenas o concreto utilizado no piso e paredes da piscina a cargo de uma empresa especializada em concreto do tipo usinado e entregue na obra através de um caminhão/betoneira.

As fundações são do tipo “Straus” e foram executadas por uma empresa especializada em fundações de estacas escavadas com hélice contínua. Esta é uma estaca de concreto moldada “in loco”, de trado helicoidal circundante a uma haste tubular, e injeção de concreto, pela própria haste, simultaneamente com sua retirada, sem rotação. As estruturas (vigas e pilares) foram executadas “in loco” em formas de madeira feitas na obra, cortadas e furadas respectivamente por uma serra elétrica manual e uma furadeira elétrica. As lajes de piso são do tipo treliçada pré-fabricada e recoberta com uma camada de concreto. A cobertura é de laje treliçada inclinada recoberta por telhas cerâmicas apoiadas em ripas de madeira, fixadas diretamente na laje.

O bloco secundário segue as mesmas especificações técnicas do bloco principal, com exceção da cobertura executada em laje plana, impermeabilizada com manta asfáltica e protegida por uma camada de cimento.

3.1.3 Caracterização das atividades e equipamentos avaliados no canteiro de obra

Avaliaram-se durante a execução da obra, pela experiência adquirida em vários anos de trabalho como arquiteto, as atividades e os equipamentos que mais afetaram os níveis de pressão sonora no canteiro de obra, sendo os principais responsáveis pela geração de ruído:

- Caminhão/Perfuratriz (perfuração das estacas)
- Caminhão de concreto usinado
- Betoneira (concreto executado “in loco”)
- Vibrador
- Serra elétrica manual
- Furadeira
- Martelagens (montagens de formas)

3.2 INSTRUMENTAÇÃO

Este trabalho utilizou instrumento de medição de nível de pressão sonora, equipamentos e programas de informática e questionários de avaliação para registro.

3.2.1 Medidor de Nível de Pressão Sonora

Foi utilizado o medidor de Nível de Pressão Sonora da marca *Lutron – Modelo SL-4001 – cód. 450/10*, com as seguintes características:

- Ampla escala de medição para medidas rápidas e exatas do nível de som em escalas de ponderação A e C.
- Display LCD de 3 ½ polegadas, 18mm altura, medição de 35 dB a 130 dB.
- Resolução de 0,1 dB.
- Precisão conforme IEC 651 tipo 2.
- Calibrador embutido de 94 dB, 1000Hz, para ponderação A e C comutáveis.
- Dispositivo para resposta rápida ou lenta e congelamento da leitura.
- Microfone: condensador elétrico de Ø 12,7mm.
- Alimentação bateria 9 V.
- Dimensões: 205x80x35mm.

O medidor de nível de pressão sonora, utilizado nas medições, foi calibrado no Laboratório de Vibrações e Acústica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. O medidor foi aferido em outubro de 2001 e foi utilizado para aferição do mesmo, o calibrador da marca Brüel & Kjaer, modelo 4230.

3.2.2 Questionários de avaliação individual

Para avaliar a interferência dos ruídos gerados pelo canteiro de obra, foram realizadas entrevistas de avaliação individual, através de questionários direcionados aos operários e comunidade vizinha à obra, para avaliação de percepção dos possíveis efeitos causados pelos ruídos ocasionados pela obra em estudo.

3.3 COLETA DE DADOS SONOROS

Durante os meses de novembro/2001 a abril/2002, foram realizadas as medições dos níveis de pressão sonora no canteiro de obra, nos períodos de maiores atividades e uso de equipamentos ruidosos. Estas medições foram efetuadas com Medidor de Nível de Pressão Sonora, e seu

procedimento determinado com base na Norma NBR 10151:2000 (Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento).

Para maior precisão e padronização da coleta de dados, o canteiro de obra foi dividido em quadrantes, por uma malha (5,00m x 5,00m) com nove linhas, sendo três longitudinais - perpendiculares à testada da rua - denominadas pelas iniciais “A, B e C” e seis linhas transversais - paralelas à testada da rua - determinadas pelos números “1, 2, 3, 4, 5 e 6”, resultando em dezoito pontos de medição, conforme apresentado na FIGURA 3.

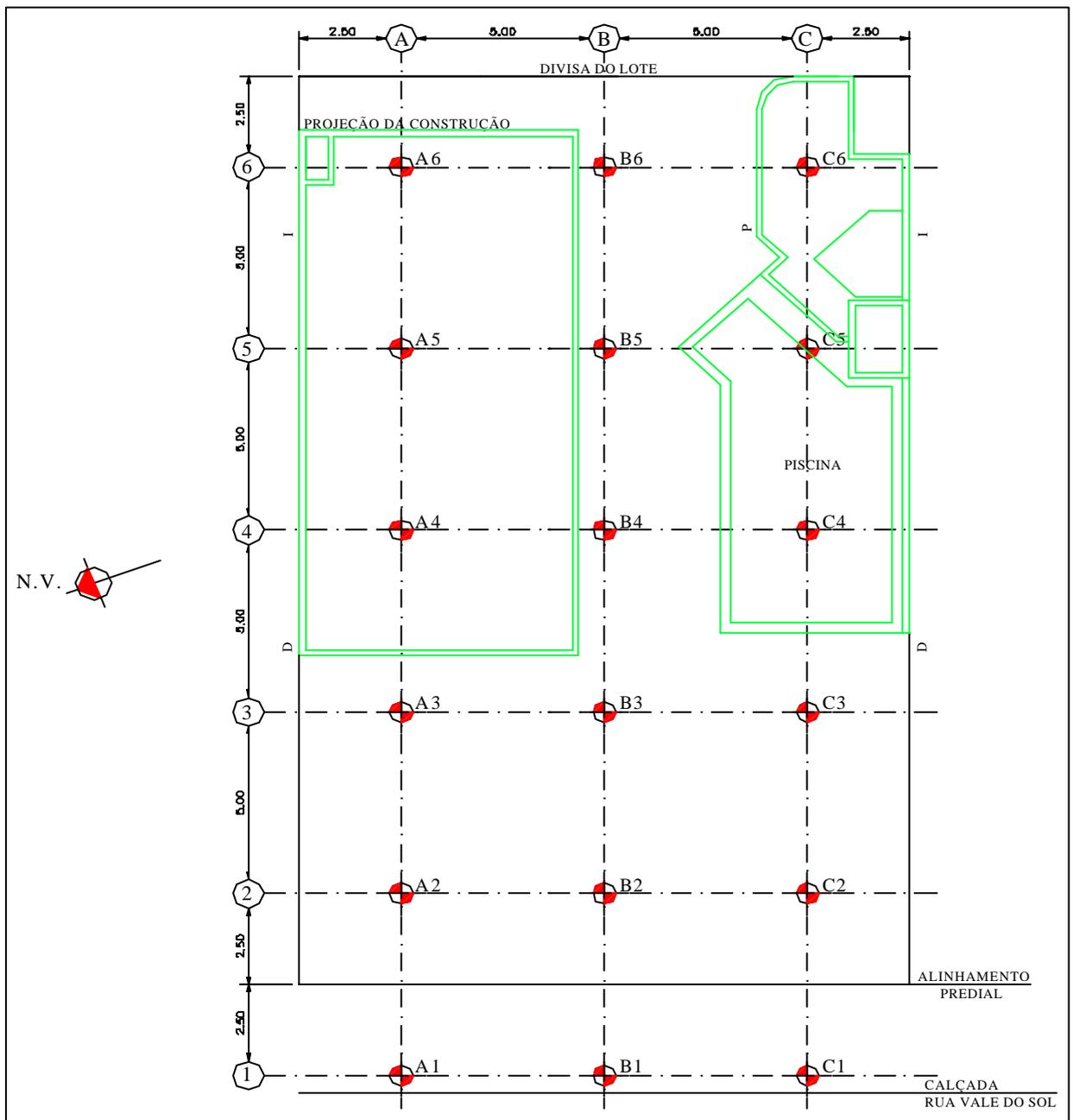


FIGURA 3 – Distribuição dos pontos de medição no canteiro de obra.

3.3.1 Procedimentos de medição

A norma NBR 10.151:2000 apresenta um método alternativo para a obtenção do *Leq* (caso o medidor de nível sonora não tenha essa função), que deve ser calculado pela fórmula (3), apresentada no Capítulo 2, item 2.2.1.

Foi adotado, para as fases II a X, um procedimento de medição diferenciado do recomendado na norma NBR 10.151:2000. Embora a betoneira permanecesse fixa dentro do canteiro de obra, outros equipamentos geradores de ruído (vibrador, serra elétrica manual, furadeira, perfuratriz), em função das suas utilizações, assumiam posições variadas. Seria necessário, então, a utilização de 18 medidores de nível de pressão sonora para a medição simultânea do ruído gerado. Como solução alternativa, então, adotou-se a diminuição do tempo de medida em cada ponto, para que não houvesse prejuízo de informação da situação real de análise, ou seja, com os equipamentos geradores de ruído operando em pontos fixos.

Em cada ponto, foram realizadas medições a uma altura padrão de 1,20 m do plano horizontal. Devido ao caráter temporal e espacial do uso dos equipamentos e para que as medições em todos os pontos resultassem da mesma localização das fontes geradoras de ruído, foram realizadas cinco leituras seqüenciais, a intervalos de tempo fixos e predefinidos de 10 segundos, durante 50 segundos, em cada ponto. Cada leitura correspondeu ao valor efetivamente lido no medidor no instante da medição.

Em todos os procedimentos de medição adotados nesta pesquisa, o equipamento esteve selecionado para leituras ponderadas pelo circuito “A” e resposta de leitura “fast”. Essa também foi a seleção para as medições de ruído de impacto produzido pela perfuratriz. Informa-se, adicionalmente, que se procedeu a calibração do medidor de nível de pressão sonora antes e depois das medições em cada ponto.

3.3.2 Critérios de avaliação

Para a interpretação dos dados levantados, foram utilizadas as normas NHO 01 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído – FUNDACENTRO (2001), que estabelece critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional aos ruídos contínuos ou intermitentes

e aos ruídos de impacto, a NBR 10.151:2000, que fixa os níveis de ruídos em dB(A) compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, e a Lei Complementar Nº 218/97, do município de Maringá – PR, que determina os limites máximos de ruídos permissíveis em cada zona de uso, nos períodos diurno e noturno.

Após o levantamento dos dados de medição, foi calculado o nível de pressão sonora equivalente, Leq , em decibéis ponderados em “A”, dB(A), pela expressão (4), conforme determina a norma NBR 10151:2000.

Com os resultados do nível de pressão sonora equivalente, foi determinada a dose diária de ruído usando o critério adotado pela NHO 01 para ruído contínuo ou intermitente, correspondente a uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A), e o incremento de duplicação de dose (q) igual a 3, sendo a dose calculada pela expressão matemática:

$$D = \left(\frac{T_E}{480} \right) \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE - 85}{3} \right)} \quad (4)$$

onde:

NE = nível de exposição (nível de pressão sonora equivalente - Leq - representativo da exposição ocupacional diária).

D = dose diária de ruído em porcentagem referente à jornada diária de trabalho.

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

De acordo com as normas acima, sempre que o nível de pressão sonora equivalente (Leq_{8h}) for superior a 85 dB(A), o limite de exposição estará excedido, exigindo a adoção de medidas imediatas de controle.

Se o nível de pressão sonora equivalente (Leq_{8h}) estiver entre 82 dB(A) e 85 dB(A), a exposição deverá ser considerada acima do nível de ação, exigindo medidas preventivas para minimizar a probabilidade de que a exposição ao ruído ultrapasse o limite de exposição estabelecido.

Exposições ao nível de ruído contínuo ou intermitente acima de 115 dB(A) somente serão permitidas para os indivíduos que estiverem adequadamente protegidos com equipamentos de proteção individual (EPI'S) contra ruído.

A avaliação da exposição ao ruído de impacto seguiu os critérios estabelecidos na norma NHO 01, conforme a seguinte expressão matemática:

$$N_p = 160 - 10 \log n \text{ (dB)} \quad (5)$$

onde:

N_p = nível de pico máximo admissível, em dB(Lin).

n = número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada diária de trabalho.

De acordo com a norma, o limite de tolerância (valor teto) para o ruído de impacto corresponde a valor nível de pico de 140 dB(Lin), sendo que o nível de ação para exposição ocupacional ao ruído de impacto corresponde a $N_p - 3$ dB.

Com base no critério acima, sempre que o nível de pico ultrapassar o nível máximo permitido, calculado para o número de impactos a que o trabalhador é exposto durante a jornada diária de trabalho, o limite de exposição estará excedido, exigindo adoção de medidas de controle.

Se o nível de pico estiver entre o $N_p - 3$ e o N_p , a exposição deve ser considerada acima do nível de ação, exigindo medidas preventivas para minimizar a probabilidade de que a exposição ao ruído ultrapasse o limite de exposição estabelecido.

Exposições ao nível de ruído de impacto acima de 140 dB(A) somente serão permitidas para os indivíduos que estiverem adequadamente protegidos com equipamentos de proteção individual (EPI'S) contra ruído.

3.3.3 Fases das coletas de dados

Durante o período de coleta de dados dos níveis de pressão sonora, foram adotadas 10 fases de medições, compreendendo diversas fases de execução da obra e de diferentes fontes geradoras de ruídos, sendo elas:

- Fase I: Ruído de trânsito no local – levantamento do ruído produzido pelo trânsito de veículos em ruas próximas.
- Fase II: Ruído de fundo – levantamento do ruído de fundo no canteiro de obra antes do início da obra.
- Fase III: Estacas (ruído intermitente) – levantamento de ruído intermitente produzido pelo motor do caminhão/perfuratriz na perfuração das estacas.
- Fase IV: Estacas (ruído de impacto) – levantamento de ruído de impacto produzido pelo atrito da limpeza da perfuratriz na perfuração das estacas.
- Fase V: Vigas baldrame - levantamento de ruído produzido pelo uso contínuo da betoneira e do vibrador na concretagem das vigas baldrame.
- Fase VI: Laje do 1º pavimento – levantamento de ruído produzido pelo uso contínuo da betoneira e do vibrador na concretagem da laje de piso do primeiro pavimento.
- Fase VII: Laje de cobertura - levantamento de ruído produzido pelo uso contínuo da betoneira e do vibrador na concretagem da laje de cobertura.
- Fase VIII: Ferramental de obra - levantamento de ruído produzido pelo uso de ferramentas (marreta, martelo, enxada, etc.) durante a execução de serviços de assentamento de lajotas, armação de fios tramas de aço, escavação e outros.
- Fase IX: Concretagem da piscina - levantamento de ruído produzido pelo uso contínuo do caminhão de concreto usinado e vibrador na concretagem da piscina.
- Fase X: Formas de madeira - levantamento do ruído produzido pelo uso da serra elétrica manual e furadeira na execução de formas de madeira no canteiro de obra.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 RESULTADO DAS MEDIDAS DE CAMPO

Os resultados de campo são apresentados considerando-se os níveis de pressão sonora em 10 fases de medição, compreendendo desde as medições de ruído de fundo, até as diversas fases de execução da obra e suas diferentes fontes geradoras de ruído.

Após as coletas de dados, são apresentadas as medições (L_{eq}) em cada fase, seus respectivos gráficos de isolinhas, fotos do local no dia das medições e caracterização do ambiente encontrado em cada fase.

Nas fases em que se apresentam as medições dos ruídos intermitentes, são determinadas as doses referentes a 100% para a exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A), e incremento de duplicação de dose igual a “3”, de acordo com a norma NHO 01 – FUNDACENTRO. Estes parâmetros são representativos da exposição diária dos trabalhadores e são calculados mediante a expressão (5), apresentada no Capítulo 3, item 3.2.2.

4.1.1 Fase I – Ruído de trânsito no local

Nesta fase, realizou-se o levantamento do nível de pressão sonora produzido pelo trânsito de veículos de uma avenida de ligação entre bairros na proximidade do canteiro de obra (Av. Américo Belay), distante 58,00 metros do ponto de medição (A1), se tomada uma linha perpendicular do eixo central da avenida até o ponto em questão (ver FIGURAS 1 E 3).

- Data da Medição: 12/11/2001
- Horário: 09:40 h
- Ambiente: Aberto
- Fonte geradora do ruído: Caminhões, automóveis e motocicletas
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: Nenhum

TABELA 10 – Levantamento dos ruído de trânsito - Medições dos Níveis de Pressão Sonora - $Leq(A)$ - no ponto A1.

Número de Veículos				
Automóveis	Caminhões		Motocicletas	
81	11		24	
Níveis de Pressão Sonora (dB(A)) - Ponto A1				
62,9	56,2	60,7	55,5	54,3
52,4	54,7	55,2	52,5	62,1
51,9	60,4	54,9	56,0	53,8
56,9	56,9	52,8	59,3	56,4
53,9	60,6	55,2	56,3	55,3
69,3	61,4	53,9	55,3	53,8
62,5	57,5	57,0	54,1	54,9
55,8	55,8	53,2	57,4	53,3
Leq - dB(A) – Ponto A1				
57,6				

A TABELA 10 e FIGURA 4 mostram as medições de nível de pressão sonora levantadas no ponto A1, e apresentam como resultado o $Leq = 57,6$ dB(A) (ver FIGURA 4). Observa-se que o nível equivalente de ruído produzido pelo tráfego é superior ao limite máximo permitido pela Lei Complementar N° 218/97 do município de Maringá (55 dB(A), de acordo com a TABELA 8), constituindo-se em um nível alto de ruído de fundo e se tornando um fator de influência nas medições dos ruídos no canteiro de obra.

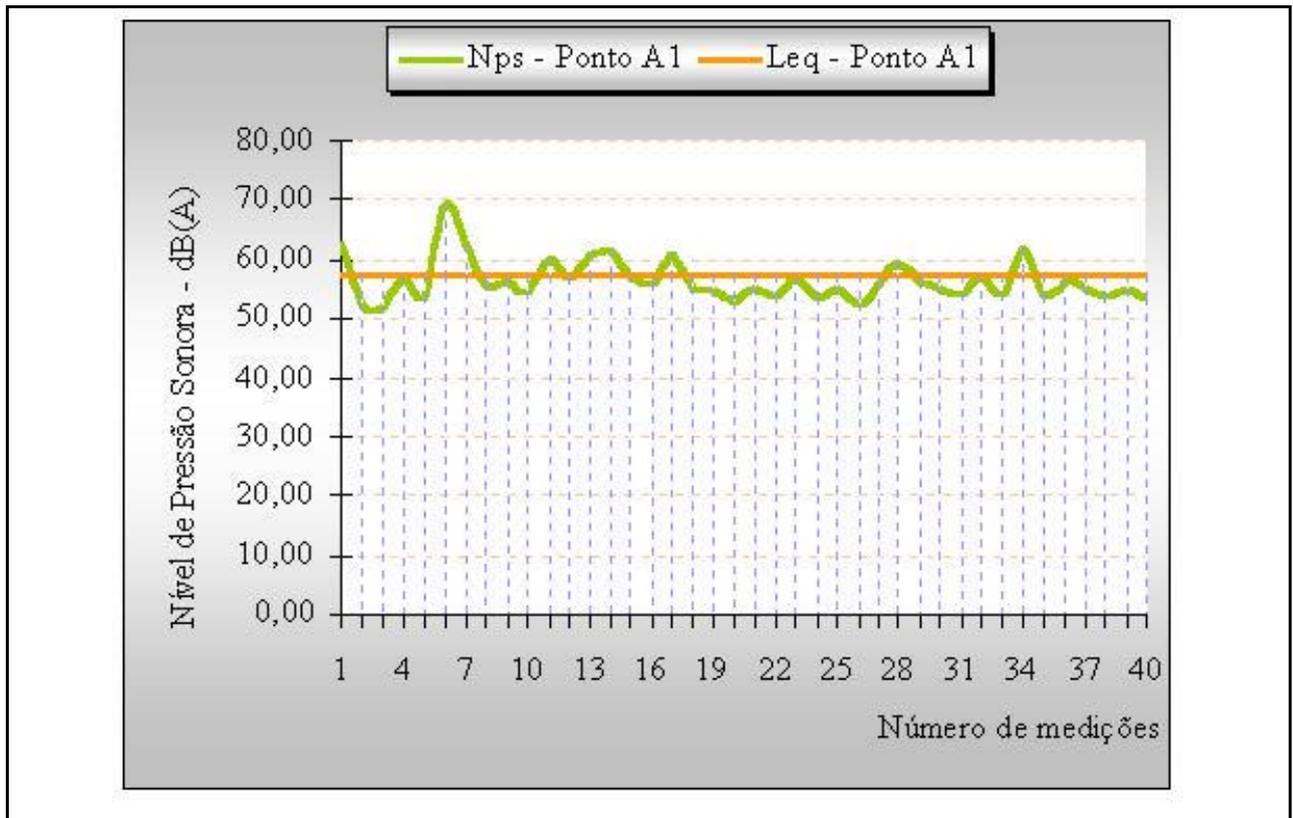


FIGURA 4 – Gráfico de Nível de Pressão Sonora e *Leq* no ponto A1, relativo ao ruído de trânsito.

4.1.2 Fase II – Ruído de fundo

Antes do início da construção, foi levantado o ruído de fundo de todo canteiro de obra, utilizando os pontos de medição pré-estabelecidos para a execução do estudo.

- Data da Medição: 14/11/2001
- Horário: 10:30 h
- Ambiente: Aberto
- Fonte geradora do ruído: Nenhuma
- Tipo de ruído: Ruído de fundo
- Número de funcionários: Nenhum

TABELA 11 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em *Leq(A)*, relativo ao ruído de fundo.

Pts.	<i>Leq</i> - dB(A)	Pts.	<i>Leq</i> - dB(A)	Pts.	<i>Leq</i> - dB(A)
A1	53,4	B1	53,8	C1	54,9
A2	52,1	B2	52,7	C2	54,9
A3	52,2	B3	52,8	C3	52,6
A4	51,5	B4	52,3	C4	52,7
A5	51,5	B5	52,4	C5	51,9
A6	49,6	B6	51,0	C6	49,6

Quando se observa a TABELA 11, nota-se que todos os pontos de medição estavam pouco abaixo do nível máximo de sons permissíveis pela Lei Municipal que regulamenta a fiscalização das atividades de poluição sonora na cidade de Maringá, definido para as Zonas Residenciais com o limite máximo de 55 dB(A) no período diurno.

Constata-se também que 88,9% dos pontos de medição estavam acima do limite de conforto acústico para ambientes externos em áreas residenciais urbanas, que é de 50 dB(A) para o período diurno, como estabelece a Norma NBR 10151:2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A FIGURA 5 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente de ruído de fundo no canteiro de obra. Observa-se que o ponto C1 apresenta níveis de ruído superiores ao ponto A1 devido ao fator de reflexão causado pela proximidade dos muros de divisa do lote.

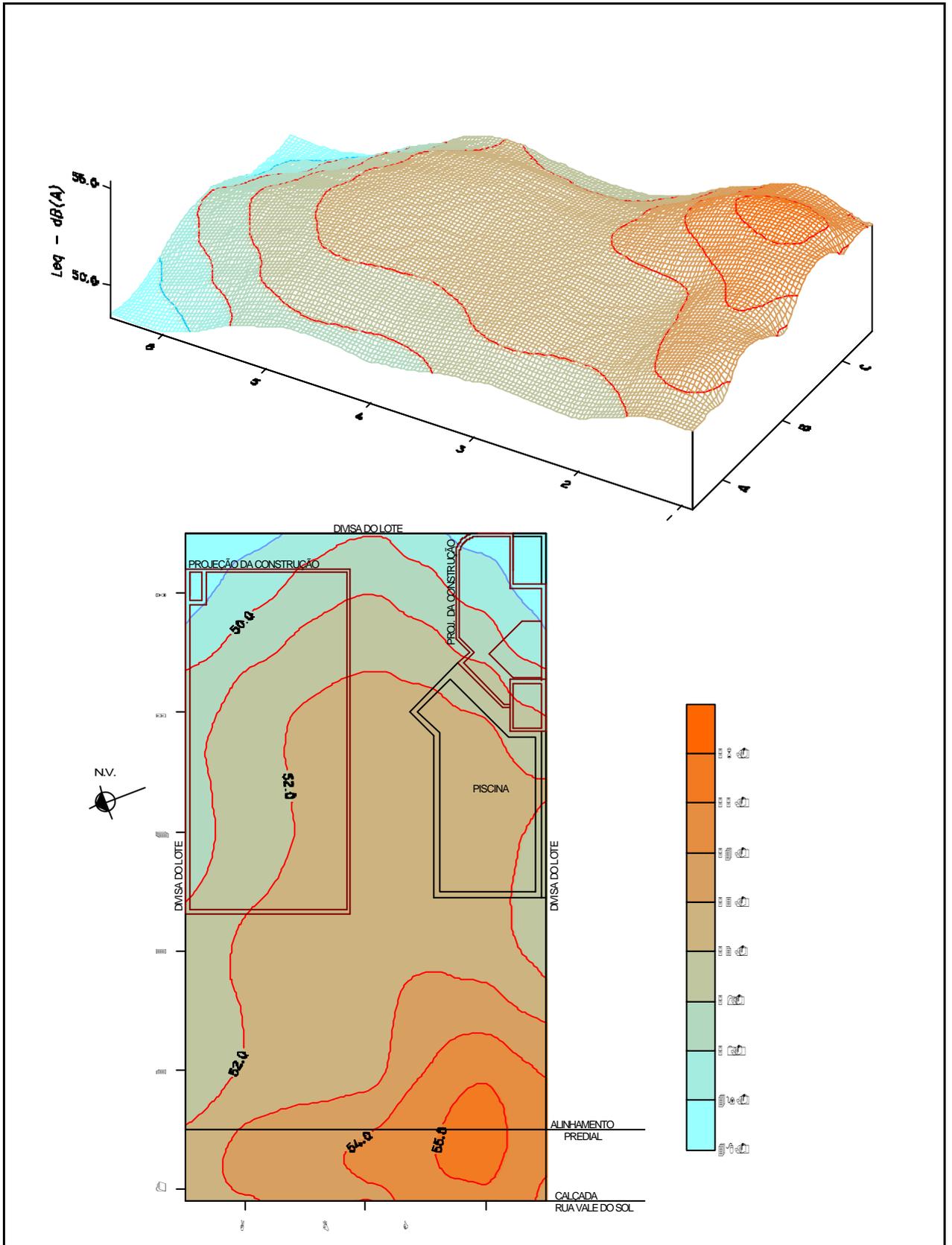


FIGURA 5 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo - *Leq(A)*.

A FIGURA 6 mostra uma vista geral da implantação do canteiro de obra no terreno.



FIGURA 6 – Vista do canteiro de obra implantado no terreno.

4.1.3 Fase III – Estacas (ruído intermitente)

Durante as escavações das estacas, através do caminhão perfuratriz, foi levantado o nível de pressão sonora produzido pelo mesmo. Foram feitas somente medições dos níveis de ruído intermitentes, e as medições de ruído de impacto foram levantadas na fase a seguir.

- Data da Medição: 19/11/2001
- Horário: 09:22 h
- Ambiente: Aberto
- Fonte geradora do ruído: Perfuratriz
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 12 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em *Leq(A)*, relativo à perfuratriz (ruído intermitente).

Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)	Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)	Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)
A1	81,3	42,9	B1	77,2	16,6	C1	80,9	38,3
A2	83,6	72,6	B2	81,3	42,3	C2	81,7	46,8
A3	86,1	130,1	B3	86,8	153,1	C3	86,7	147,5
A4	95,1	1031,4	B4	92,6	579,1	C4	86,7	148,3
A5	99,2	2639,3	B5	89,5	281,4	C5	89,4	274,8
A6	90,4	349,2	B6	89,4	273,1	C6	86,9	154,1

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

Na TABELA 12, verifica-se que 66,7% dos pontos de medição estavam acima do limite de 85 dB(A) estipulado pelas normas NR-15 e NHO 01, para exposição do trabalhador durante a jornada de trabalho de 8h diárias, exigindo adoção imediata de medidas de controle.

Os restantes pontos de medição estavam bem próximos do limite de nível de ação, onde medidas preventivas deveriam ser adotadas para evitar que o limite de exposição fosse ultrapassado.

Quanto ao limite máximo de ruído permissível para a construção civil, definido pela Lei Complementar N° 218/97, do município de Maringá, observa-se que 94,4% dos pontos de medição se encontravam acima do valor máximo permissível de 80 dB(A).

A FIGURA 7 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente de ruído intermitente (perfuratriz).

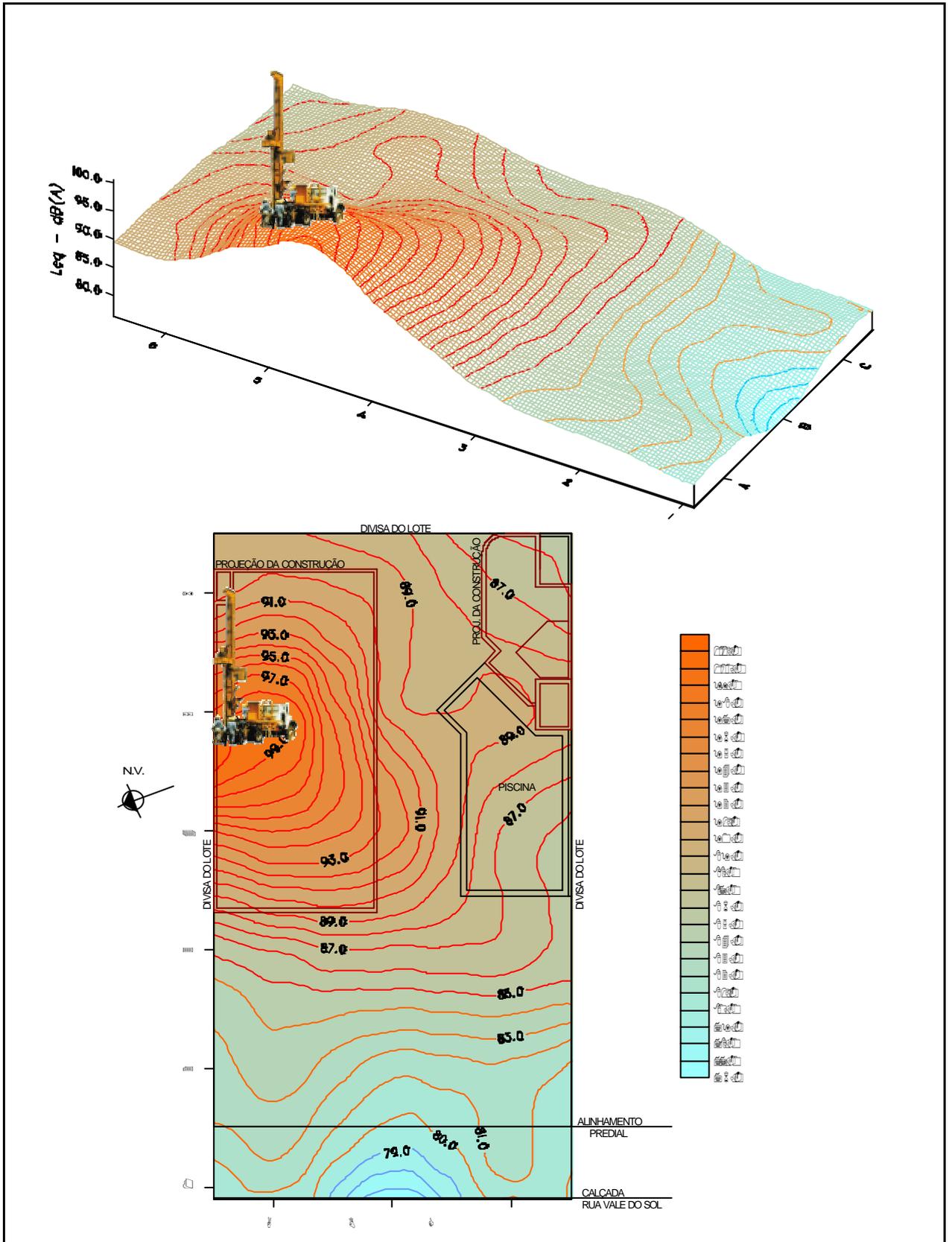


FIGURA 7 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da perfuratriz (ruído intermitente) - $Leq(A)$.

A FIGURA 8 mostra o caminhão perfuratriz executando a perfuração das estacas com o trado, no canteiro de obra.



FIGURA 8 – Vista da execução do estaqueamento executado pelo caminhão-perfuratriz.

4.1.4 Fase IV – Estacas (ruído de impacto)

Nesta fase da obra ainda sobre a execução da perfuração das estacas, foi levantado o nível de pressão sonora do ruído de impacto produzido pela limpeza do trado da perfuratriz. Para quantificação do número de impactos ocorridos durante a jornada de trabalho, foi levantado um nível de pressão sonora de impacto a cada 10 segundos, totalizando 2880 impactos durante a jornada de trabalho (8 horas).

Após, foi determinado o nível de pico máximo permitido, calculado para o número de impactos a que o trabalhador esteja exposto em sua jornada de trabalho ($N_{HO\ 01}$), $N_P = 125\text{ dB (Lin)}$, e o nível de ação (N_{P-3}) em 122 dB (Lin) .

- Data da Medição: 19/11/2001
- Horário: 09:22 h
- Ambiente: Aberto
- Fonte geradora do ruído: Perfuratriz
- Tipo de ruído: Impacto
- Número de funcionários: 05

TABELA 13 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em dB(A), relativo à perfuratriz (ruído de impacto).

Pts.	L_{Máximo} dB(A)	L_{Corrigido} dB(A) NBR 10151	Pts.	L_{Máximo} dB(A)	L_{Corrigido} dB(A) NBR 10151	Pts.	L_{Máximo} dB(A)	L_{Corrigido} dB(A) NBR 10151
A1	101,9	106,9	B1	97,7	102,7	C1	95,6	100,6
A2	103,5	108,5	B2	100,2	105,2	C2	101,2	106,2
A3	103,0	108,0	B3	101,2	106,2	C3	102,0	107,0
A4	101,9	106,9	B4	102,3	107,3	C4	100,5	105,5
A5	104,8	109,8	B5	103,7	108,7	C5	102,8	107,8
A6	104,7	109,7	B6	103,9	108,9	C6	99,4	104,4

A TABELA 13 apresenta os níveis de ruído de impacto em cada ponto de medição do canteiro de obra, nos seus valores máximos ($L_{Máximo}$) e corrigidos ($L_{Corrigido}$), de acordo com a norma NBR 10151:2000, em que o valor corrigido é determinado pelo valor máximo acrescido de 5 dB(A).

Observa-se que os níveis corrigidos não ultrapassam os limites permitidos pelas normas NHO 01 e NR 15, nos seus limites de exposição ao ruído de impacto.

A FIGURA 9 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível máximo de pressão sonora de ruído de impacto (perfuratriz).

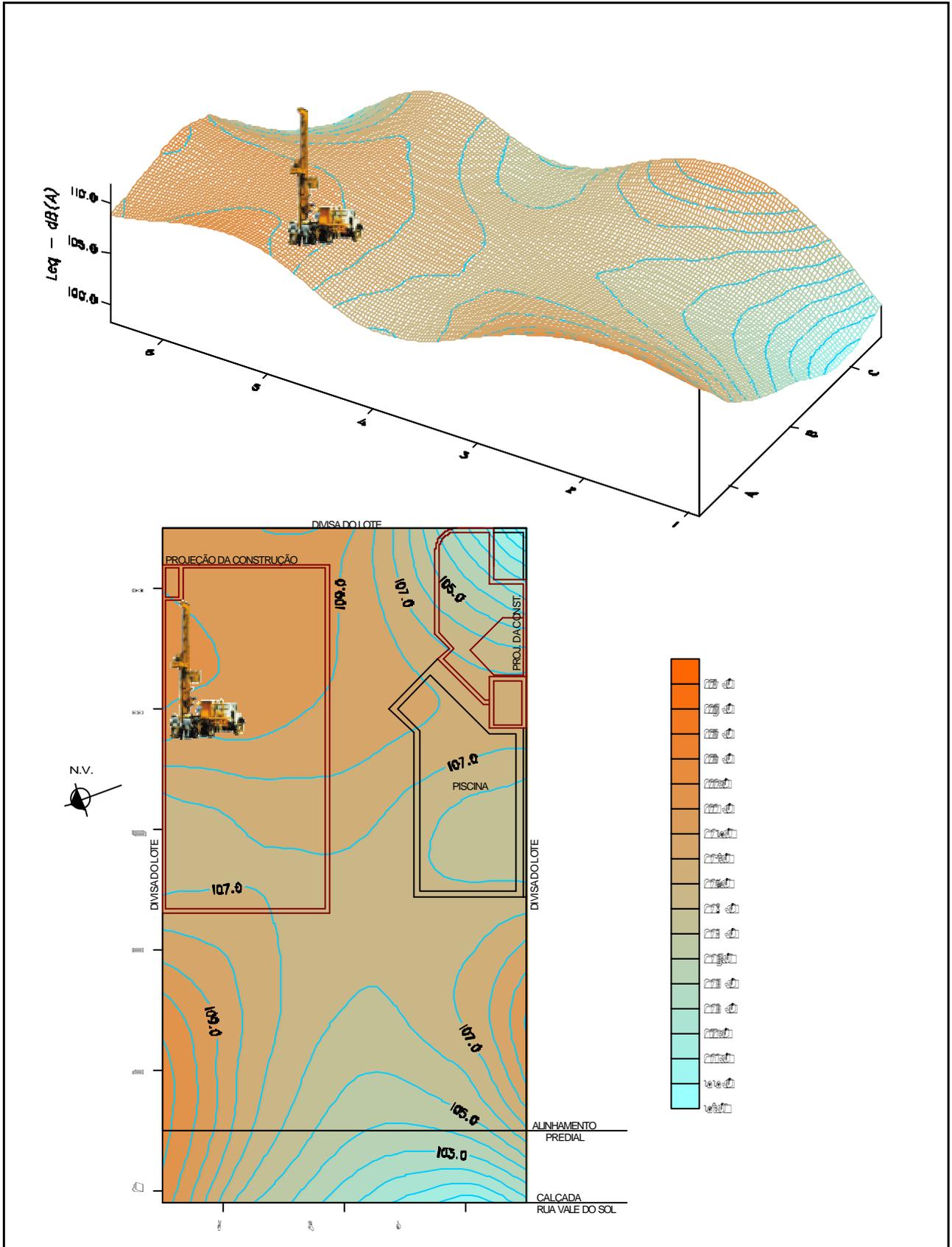


FIGURA 9 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da perfuratriz (ruído de impacto) - dB(A).

4.1.5 Fase V – Vigas baldrame

Os níveis de pressão sonora foram levantados junto à execução das vigas baldrame, onde foram utilizados equipamentos ruidosos como a betoneira, para produção de concreto “in loco”, e o vibrador.

- Data da Medição: 05/12/2001
- Horário: 09:00 h
- Ambiente: Aberto
- Fonte geradora do ruído: Betoneira e Vibrador
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 14 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem das vigas baldrame.

Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	71,2	4,2	B1	72,9	6,1	C1	73,2	6,6
A2	80,3	33,8	B2	85,8	120,2	C2	74,8	9,6
A3	77,7	18,5	B3	79,0	24,4	C3	78,0	20,0
A4	81,5	44,0	B4	90,4	348,3	C4	85,4	108,7
A5	74,0	7,9	B5	80,0	31,8	C5	74,1	8,0
A6	73,8	7,5	B6	73,7	7,5	C6	67,4	1,7

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

Observa-se, na TABELA 14, que 16,7% dos pontos de medição estavam acima do limite máximo de 85 dB(A) permitido pelas normas nacionais, sendo dois destes pontos (B4 e C4) localizados junto ao vibrador e um (B2) localizado junto à betoneira, sujeitando os trabalhadores que permanecem nestas áreas afetadas a níveis de ruído acima de 85 dB(A).

Verifica-se também que 33,33% dos pontos de medição estavam acima dos limites da norma municipal, para os limites máximos de ruído permissíveis para a construção civil, exigindo medidas de redução junto a estes equipamentos.

A FIGURA 10 apresenta uma vista da concretagem das vigas baldrame com o uso do vibrador e concreto executado na obra e, também, com o uso da betoneira.



FIGURA 10 – Vista da concretagem das vigas baldrame.

A FIGURA 11 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente da concretagem das vigas baldrame.

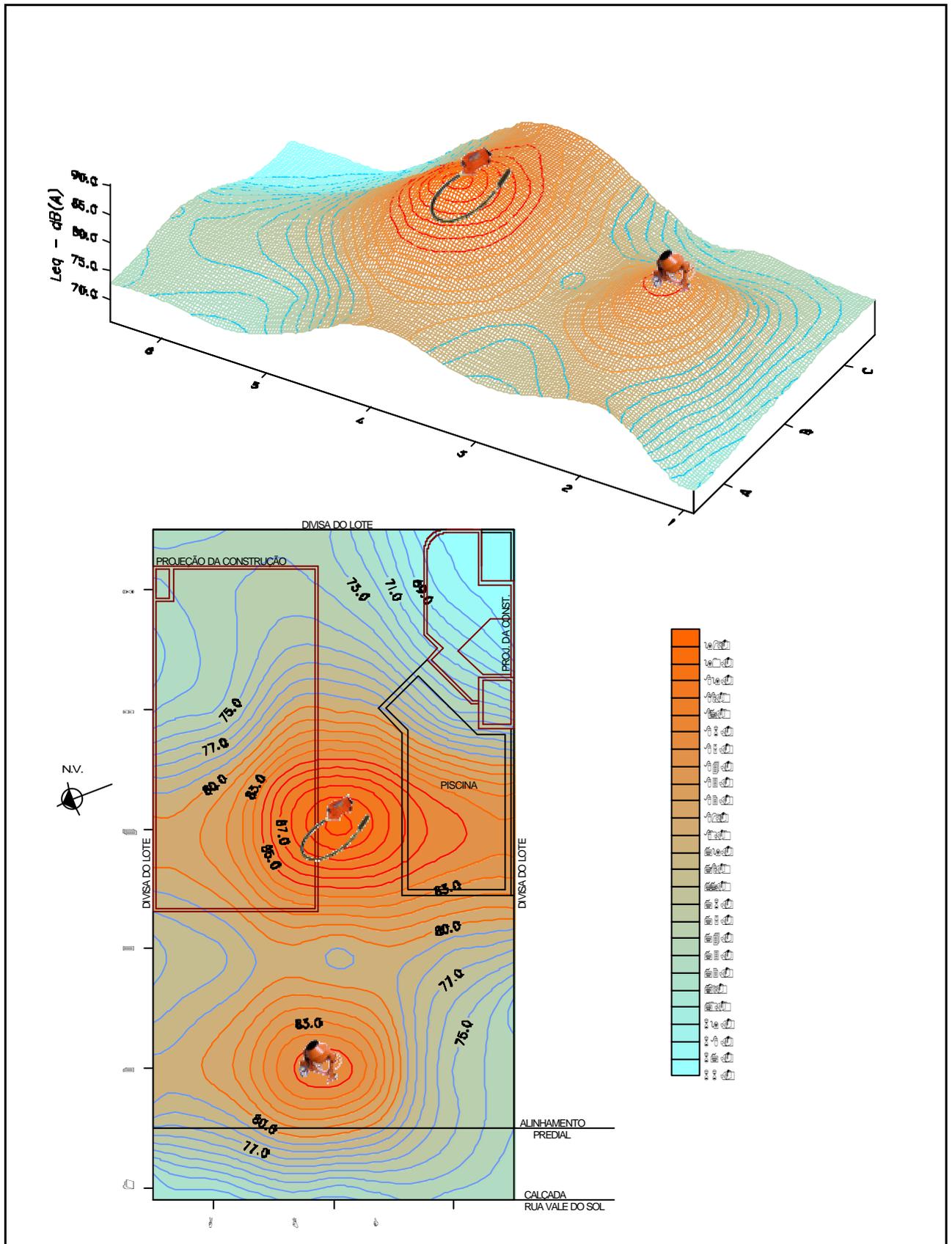


FIGURA 11 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da concretagem das vigas baldrame - $Leq(A)$.

4.1.6 Fase VI – Laje do 1º pavimento

Na execução desta fase de obra, além do uso de equipamentos ruidosos como a betoneira e vibrador, os operários trabalham em situação de riscos devido à altura, exigindo uma maior atenção a acidentes de trabalho, onde altos níveis de ruídos podem comprometer a atenção e o entendimento de avisos de perigo.

- Data da Medição: 14/01/2002
- Horário: 09:30 h
- Ambiente: Aberto e Semi-aberto
- Fonte geradora do ruído: Betoneira e Vibrador
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 15 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da laje do 1º pavimento.

Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	76,4	13,8	B1	82,2	52,0	C1	76,7	14,7
A2	82,0	49,8	B2	86,7	146,5	C2	76,4	13,7
A3	77,2	16,5	B3	75,3	10,7	C3	73,9	7,8
A4	73,9	7,6	B4	65,6	1,1	C4	70,4	3,4
A5	80,4	34,6	B5	70,0	3,1	C5	69,9	3,0
A6	69,6	2,9	B6	69,6	2,9	C6	71,3	4,2

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

A TABELA 15 apresenta apenas um ponto (B2) com medida acima de 85 dB(A), ponto este próximo à betoneira, novamente expondo os trabalhadores que permaneçam nesta área a exposição acima do permitido pelas normas NR 15 e NHO 01.

O uso do vibrador não acusou índices altos de pressão sonora, por estar localizado acima do ponto de medição, protegido pelo madeiramento de apoio das lajes, e pela impossibilidade de se

fazer medições junto à área de concretagem no 1º pavimento. Contudo, como visto na fase anterior, este equipamento necessita de medidas de redução de ruído para não expor os trabalhadores que se encontram na mesma área de trabalho do equipamento.

Os limites permissíveis de ruído para a construção civil definidos pelo município foram extrapolados, nesta fase, em 22,2% dos pontos medidos.

A FIGURA 12 apresenta uma vista da concretagem da laje e vigas do 1º pavimento com o uso de vibrador e concreto executado na obra e, também, com o uso da betoneira.



FIGURA 12 – Vista da concretagem da laje e vigas do 1º pavimento.

A FIGURA 13 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente da concretagem da laje do 1º pavimento.

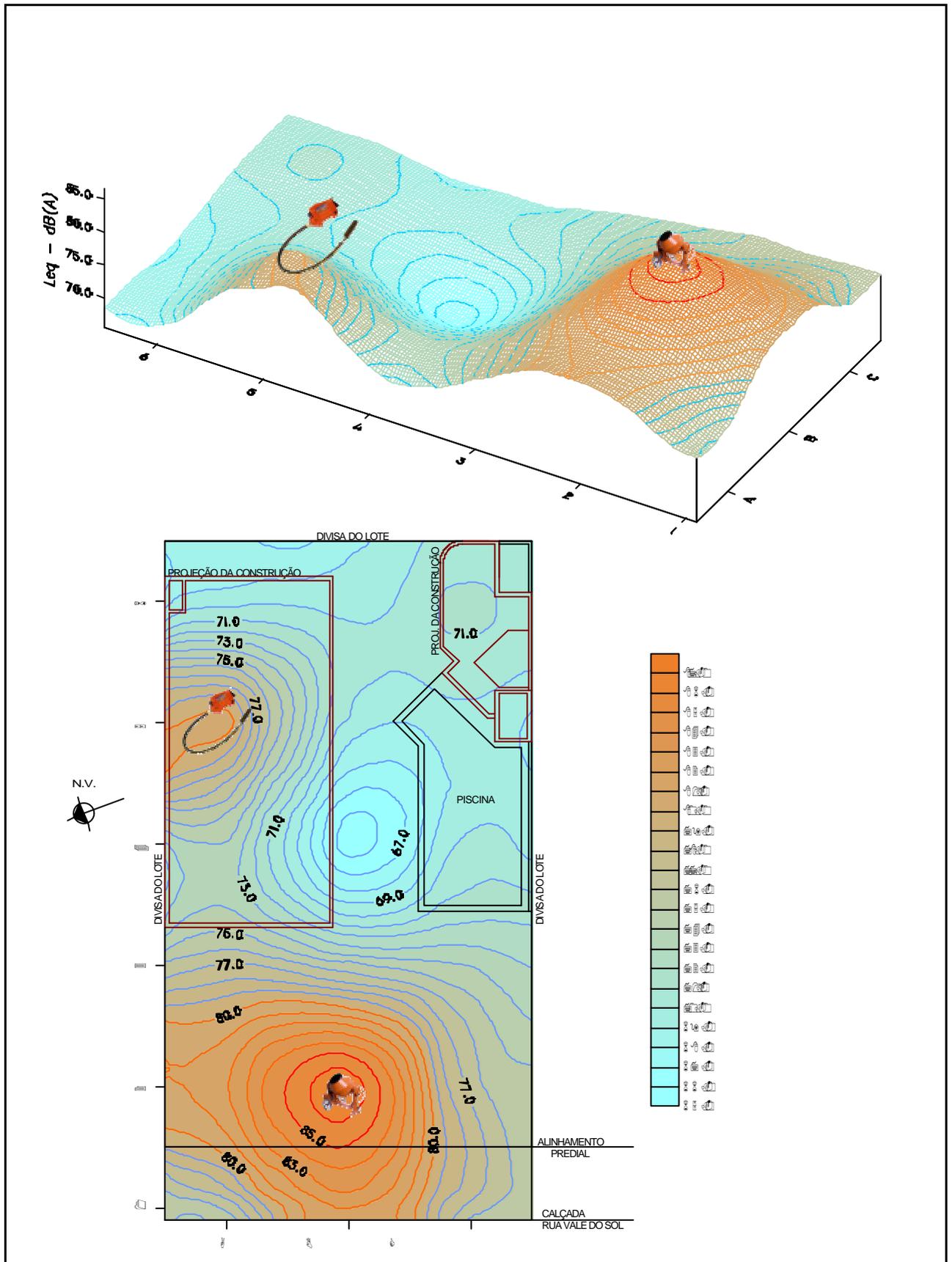


FIGURA 13 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da laje do 1º pavimento - $Leq(A)$.

4.1.7 Fase VII – Laje de cobertura

Assim como na fase anterior, os operários também trabalham em situação de perigo devido à altura, onde os ruídos podem comprometer a atenção e a perfeita audição.

- Data da Medição: 06/02/2002
- Horário: 10:00 h
- Ambiente: Aberto e Semi-aberto
- Fonte geradora do ruído: Betoneira e Vibrador
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 16 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da laje de cobertura.

Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	76,6	14,3	B1	73,5	7,0	C1	72,5	5,6
A2	77,5	17,5	B2	83,0	62,4	C2	75,0	9,8
A3	79,3	26,8	B3	82,3	53,8	C3	75,7	11,6
A4	76,2	13,0	B4	78,1	20,1	C4	75,8	12,0
A5	68,8	2,4	B5	74,3	8,4	C5	70,7	3,7
A6	71,7	4,6	B6	70,2	3,2	C6	69,6	2,9

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

Novamente, como mostra a TABELA 16, as medições nos pontos próximos ao vibrador não acusam altos índices de pressão sonora devido à localização do equipamento, acima do ponto de medição no canteiro e pelas barreiras naturais da própria configuração da obra. Da mesma maneira, como observado nas fases anteriores, são necessárias medidas de redução do nível de ruído junto ao equipamento.

Nesta fase, 11,11% dos pontos estavam acima dos limites da norma municipal para os limites máximos de ruído permissíveis para a construção civil.

A FIGURA 14 apresenta uma vista da concretagem da laje e vigas da cobertura com o uso de vibrador e concreto executado na obra e, também, com o uso da betoneira.



FIGURA 14 – Vista da concretagem da laje e vigas da cobertura.

A FIGURA 15 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente da concretagem da laje de cobertura.

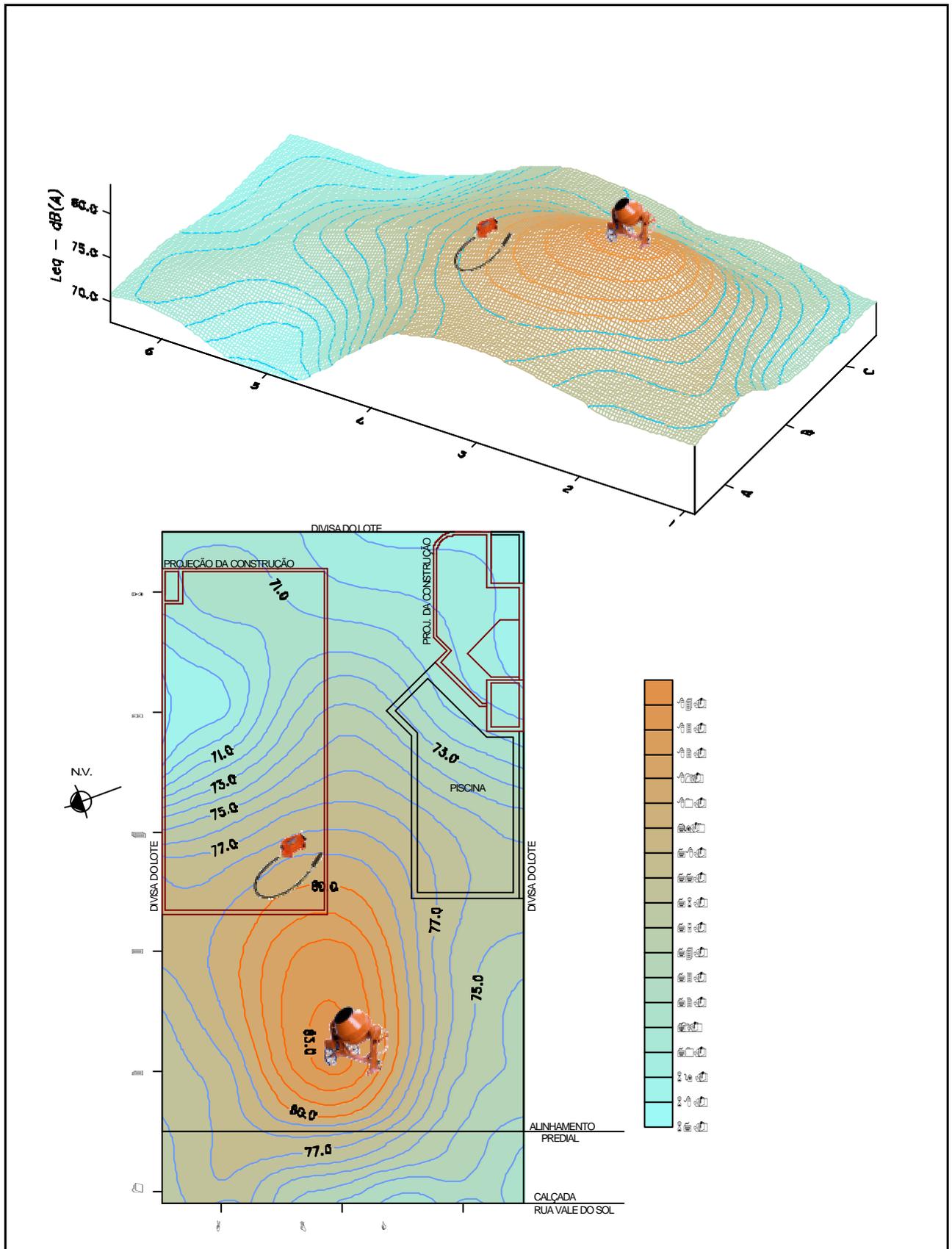


FIGURA 15 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da laje de cobertura - *Leq(A)*.

4.1.8 Fase VIII – Ferramental de obra

Nesta fase da obra, foram levantados os níveis de pressão sonora produzidos pelo uso de ferramentas como martelo, marreta, enxada, máquina de dobrar ferro, em serviços de escavação, assentamento de lajotas, formas de madeira, armação dos fios e tramas de aço, escavações, e outros. É importante frisar que nenhum equipamento elétrico ou mecânico estava em uso.

- Data da Medição: 02/03/2002
- Horário: 10:05 h
- Ambiente: Aberto e Semi-aberto
- Fonte geradora do ruído: Ferramentas manuais
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 17 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo ao uso de ferramentas manuais

Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	53,9	0,1	B1	52,9	0,1	C1	52,3	0,1
A2	59,1	0,3	B2	54,6	0,1	C2	52,2	0,1
A3	54,1	0,1	B3	57,4	0,2	C3	55,7	0,1
A4	56,3	0,1	B4	58,6	0,2	C4	55,7	0,1
A5	65,6	1,1	B5	58,3	0,2	C5	55,4	0,1
A6	61,2	0,4	B6	60,0	0,3	C6	54,0	0,1

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

Observa-se pela TABELA 17 que nesta fase os níveis de ruído estavam próximos aos níveis de ruído de fundo (Fase II), onde 61,1% dos pontos de medição se encontravam acima dos limites de sons permissíveis pelo município e 100% acima do limite de conforto acústico, 50 dB(A), estabelecido na norma NBR 10.151:2000, para ambientes externos em área estritamente residencial urbana.

A FIGURA 16 apresenta uma vista geral da obra apenas com o uso de ferramentas e sem equipamentos ruidosos.



FIGURA 16 – Vista geral da execução da obra.

Apesar dos níveis de pressão sonora estarem próximos aos níveis de ruído de fundo (ver FIGURA 5), observa-se campos sonoros diferentes, principalmente, nos pontos A5 e A6 desta fase, onde se concentravam as atividades de trabalho no canteiro de obra.

A FIGURA 17 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente dos ruídos gerados pelo uso de ferramentas manuais.

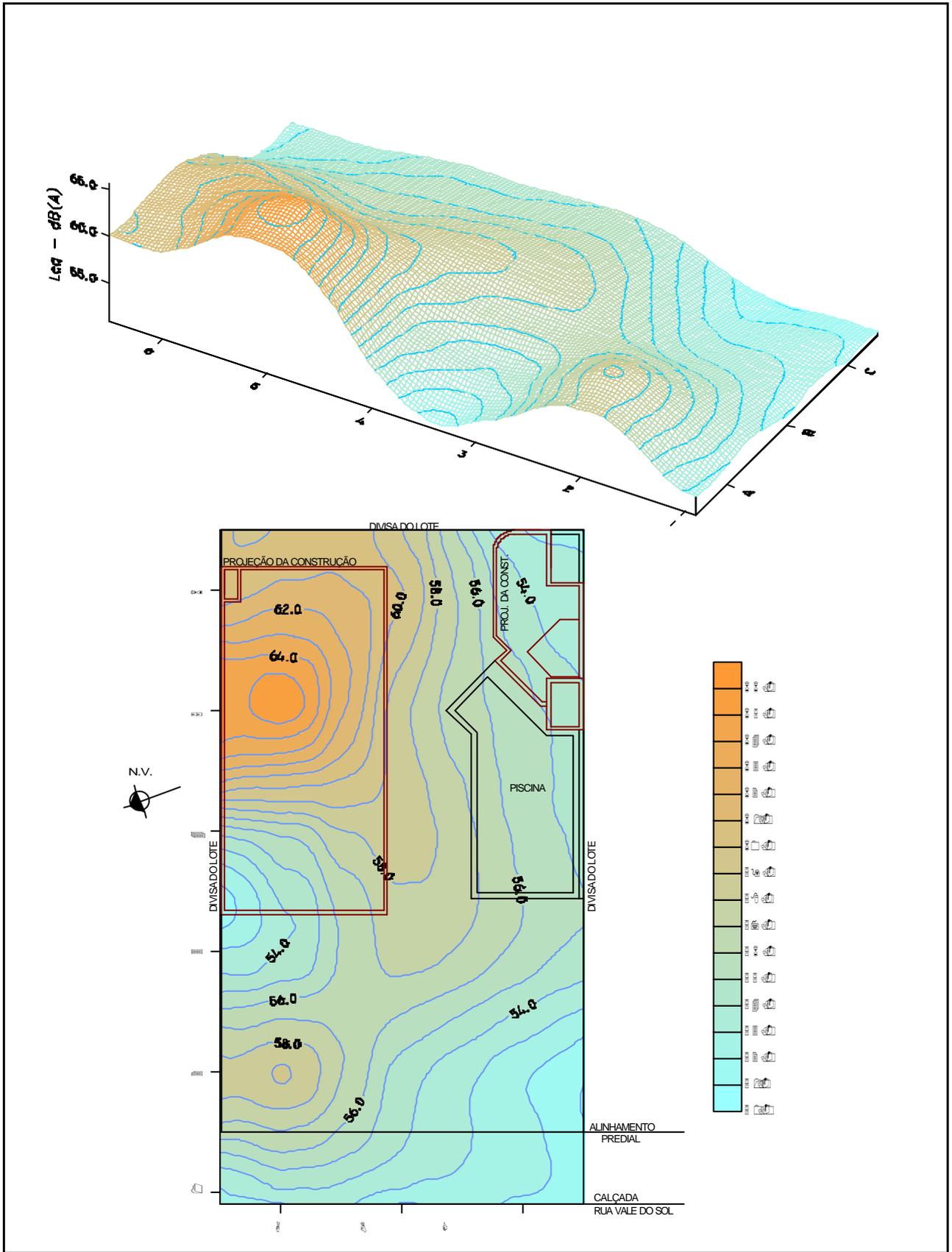


FIGURA 17 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do uso de ferramentas manuais - $Leq(A)$.

4.1.9 Fase IX – Concretagem da piscina

A piscina foi executada na sua maior parte em concreto, exigindo o uso de concreto usinado para possibilitar o maior volume de material utilizado. Esse concreto foi transportado em um caminhão-betoneira para concreto usinado, que mistura os materiais (areia, pedra, cimento e água) no próprio local, e que, junto ao vibrador (bastante usado nesta fase), aumenta os níveis de ruído no canteiro de obra.

- Data da Medição: 15/04/2002
- Horário: 14:30 h
- Ambiente: Aberto e Semi-aberto
- Fonte geradora do ruído: Caminhão-betoneira e Vibrador
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 18 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo à concretagem da piscina.

Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	67,0	1,6	B1	76,7	14,8	C1	74,7	9,2
A2	75,5	11,2	B2	-	-	C2	72,8	5,9
A3	71,9	4,8	B3	75,9	12,1	C3	76,8	15,1
A4	69,1	2,5	B4	67,2	1,7	C4	-	-
A5	67,4	1,7	B5	64,8	0,9	C5	-	-
A6	63,4	0,7	B6	62,8	0,6	C6	59,3	0,3

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

** Em alguns pontos, as medições não foram realizadas devido ao posicionamento do caminhão de concreto usinado (ponto B2) e aos trabalhos de concretagem da piscina (pontos C4 e C5).

Observa-se na TABELA 18 que os níveis de pressão sonora não ultrapassaram os limites estipulados pelas normas nacionais para exposição ao ruído ocupacional. Os pontos com maiores índices de ruído estavam próximos aos equipamentos geradores de ruído (caminhão de concreto usinado e vibrador), sendo este último localizado abaixo do ponto de medição, em área não acessível aos levantamentos.

O ruído emitido pelo caminhão de concreto usinado é proveniente do seu motor, que impulsiona a betoneira para a mistura do concreto, trabalhando em baixa rotação, portanto, emitindo ruídos abaixo dos níveis quando o mesmo motor trabalha em alta rotação.

Os níveis de ruído junto aos pontos próximos ao vibrador (C4 e C5) não puderam ser medidos, devido os mesmos estarem dentro da área de concretagem da piscina. O ponto C3 (também próximo ao vibrador) encontrava-se acima do nível do equipamento, tendo seus níveis de pressão sonora atenuados por barreiras naturais da própria configuração da obra.

Apesar das medições não ultrapassarem os limites da exposição ocupacional, estes ultrapassaram os limites da norma NBR 10.151:2000 (Níveis de Ruído para Conforto Acústico) e da lei municipal que determina os limites máximos de sons permissíveis em zona residencial (55 dB(A)).

A FIGURA 18 e FIGURA 19 apresentam a concretagem da piscina com o uso do vibrador e do concreto usinado transportado pelo caminhão de concreto usinado.



FIGURA 18 – Vista da concretagem da piscina.



FIGURA 19 – Vista do caminhão de concreto usinado.

A FIGURA 20 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalentes da concretagem da piscina.

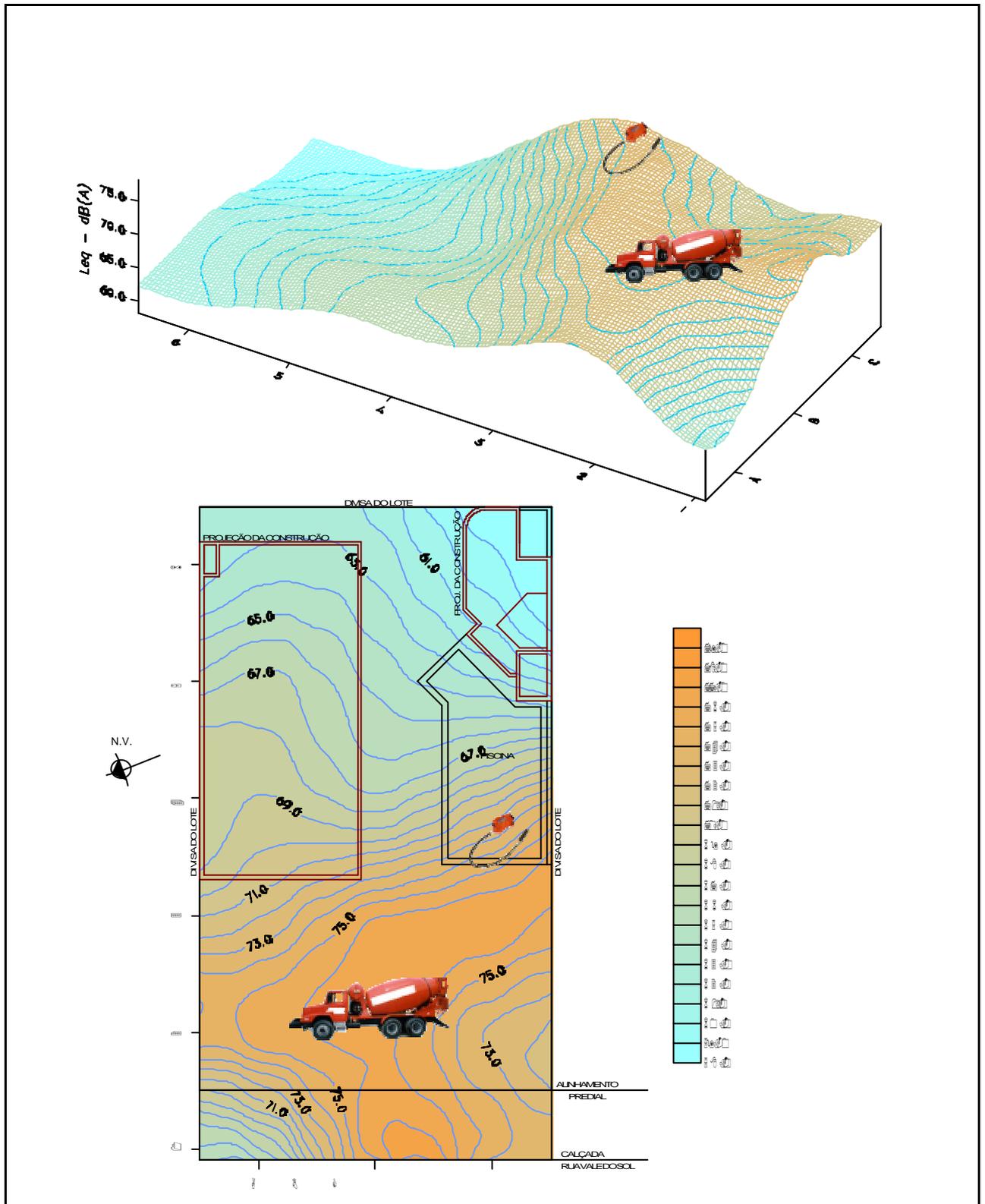


FIGURA 20 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora da concretagem da piscina - $Leq(A)$.

4.1.10 Fase X – Formas de madeira

Nesta fase, estavam sendo executadas as formas de madeira, com a utilização de serra elétrica manual e furadeira, equipamentos geradores de ruídos com grande área de abrangência.

- Data da Medição: 29/04/2002
- Horário: 08:30 h
- Ambiente: Aberto e Semi-aberto
- Fonte geradora do ruído: Serra elétrica manual e furadeira
- Tipo de ruído: Intermitente
- Número de funcionários: 05

TABELA 19 – Medições dos Níveis de Pressão Sonora, em $Leq(A)$, relativo ao uso de serra elétrica manual e furadeira.

Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)	Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)	Pts.	<i>Leq</i> dB(A)	Dose* (%)
A1	72,1	5,0	B1	72,8	6,0	C1	69,2	2,6
A2	74,1	8,1	B2	71,4	4,3	C2	69,6	2,9
A3	76,4	13,6	B3	74,5	8,9	C3	72,9	6,1
A4	80,5	35,5	B4	86,7	148,6	C4	85,4	109,0
A5	99,2	2645,5	B5	95,5	1123,4	C5	89,1	259,3
A6	92,3	545,5	B6	88,5	225,2	C6	83,2	66,6

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

Na TABELA 19, verifica-se que 44,4% dos pontos de medição encontravam-se acima do nível máximo permissível de 85 dB(A) estipulado pelas normas NR-15 e NHO 01, para exposição do trabalhador durante a jornada diária de trabalho, exigindo adoção imediata de medidas de controle.

Observa-se também que estes pontos encontravam-se na área de atuação dos operários, sendo necessário o uso de protetores auditivos e medidas de redução do nível de ruído junto aos equipamentos.

Nenhum dos pontos de medição encontrava-se dentro dos limites permissíveis pela lei municipal e norma NBR 10.151:2000.

A FIGURA 21 apresenta a execução de formas de madeira e o uso da serra elétrica manual.



FIGURA 21 – Vista dos cortes das formas de madeira com a serra elétrica manual.

A FIGURA 22 apresenta os gráficos de isolinhas (2D e 3D) das curvas de nível de pressão sonora equivalente dos ruídos gerados pela serra elétrica manual e furadeira.

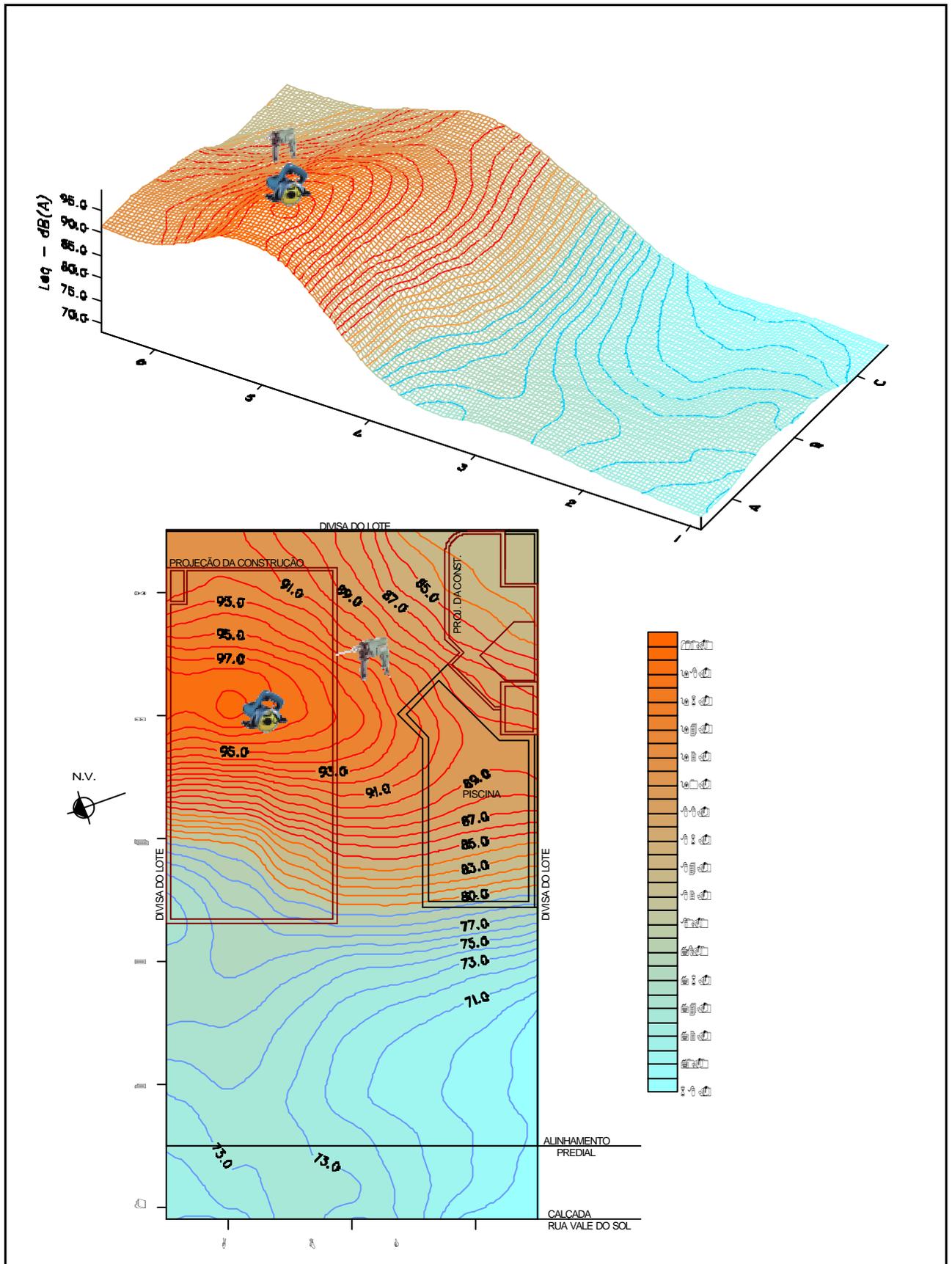


FIGURA 22 - Gráficos de isolinhas (2D e 3D) dos níveis de pressão sonora do uso da serra elétrica manual e furadeira - $Leq(A)$.

A FIGURA 23 apresenta um comparativo entre os níveis de pressão sonora equivalente das fases III, V, VI, VII, IX e X, sendo estas as fases mais ruidosas do canteiro de obra em estudo.

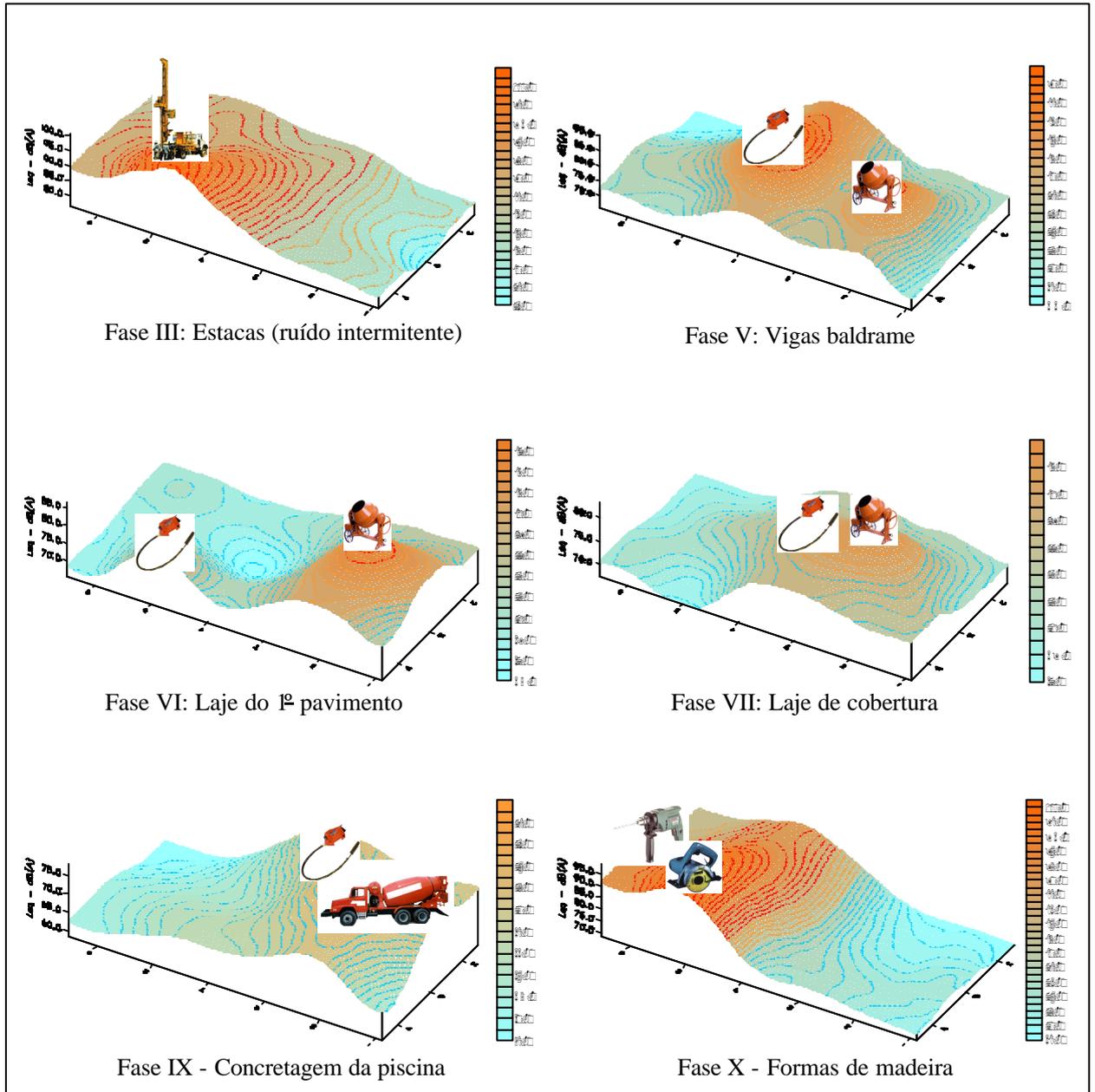


FIGURA 23 - Comparativo entre os níveis de pressão sonora equivalente das fases mais ruidosas.

4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Foram apresentados dois tipos de questionários (operários e comunidade) para avaliação da percepção dos possíveis danos causados pelo ruído produzido pela obra em estudo.

4.2.1 Avaliação – Operários

Os operários da obra em estudo foram questionados sobre o desconforto e os danos causados pela exposição a ruídos no ambiente de trabalho, orientação sobre prevenção e utilização de protetores auditivos.

Todos os operários do grupo estudado são de sexo masculino, com idade variando de 22 a 38 anos (TABELA 20). Apenas dois operários têm menos de 5 anos de atuação na área e o restante trabalha a 15 anos ou mais nesta atividade. Foi constatado que a jornada de trabalho inicia às 7:30h e encerra às 17:30h, com intervalo de uma hora para almoço, e dois intervalos (manhã e tarde) de 30 minutos para descanso, perfazendo assim uma jornada de trabalho de 8 horas por dia.

TABELA 20 – Faixa de Idade e Tempo de Profissão dos Operários.

Faixa de Idade	Número	Tempo de Profissão	%
21 a 30 anos	2	05 anos	40
31 a 40 anos	3	15 anos	60
Total	5	-	100

Os operários foram unânimes em afirmar que não tinham nenhuma sensação auditiva de desconforto, nenhum comprometimento de audição e/ou voz, mas todos se mostraram favoráveis a participar de exames audiométricos de avaliação com um fonoaudiólogo. Também nunca receberam orientação de prevenção quanto ao ruído e utilização de protetores auditivos.

Todos os operários acham ser desnecessário qualquer tipo de precaução pessoal ao excesso de exposição a ruído.

4.2.2 Avaliação – Comunidade

Os moradores vizinhos ao canteiro de obra foram questionados sobre os ruídos produzidos pelo canteiro de obra, o quanto estes ruídos são incômodos, o período de maior incidência, a forma como afeta o cotidiano e qual foi a providência tomada, pelos trabalhadores e comunidade, para minimizar os efeitos dos mesmos.

Com relação à idade dos entrevistados, 23,1% são menores de 20 anos, 46,2% estão na faixa de idade entre 21 a 30 anos, 15,4% na faixa de 31 a 40 anos e 15,40% são maiores que 41 anos (ver FIGURA 24). A distribuição quanto ao sexo, mostrou que 61,5% do sexo feminino e 38,5% do sexo masculino.

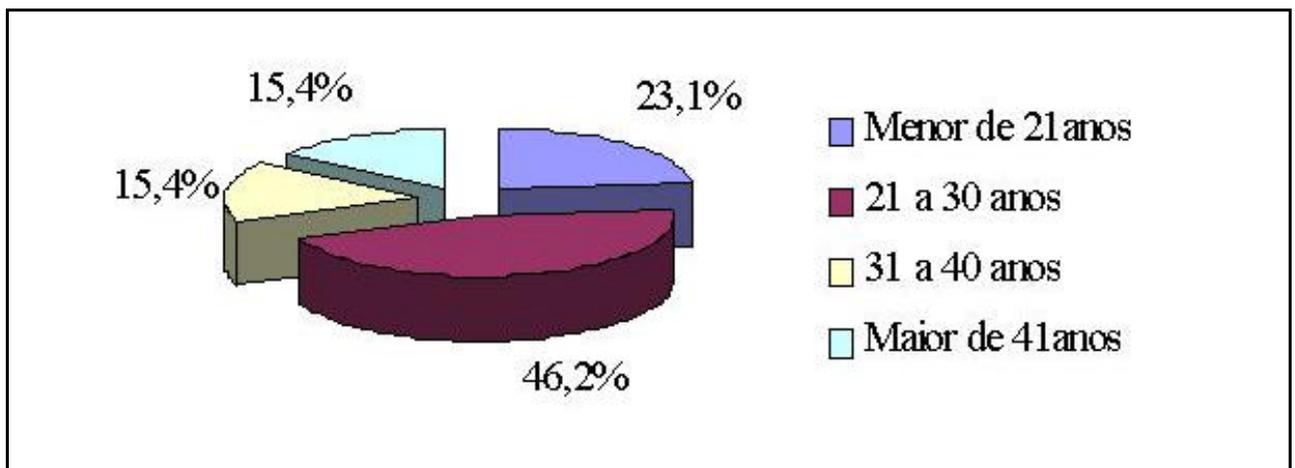


FIGURA 24 – Distribuição dos entrevistados segundo a idade.

Dos entrevistados, 76,9% se referiram ao ruído do canteiro de obra como incômodo e destes, 90,9% indicaram o período da manhã como o de maior incômodo, enquanto 9,1% se disseram afetados pelo ruído durante todo o dia. Apenas 23,1% disseram não se importar com o ruído.

O ruído afeta a comunidade de diversas formas, onde 50,0% afirmam que o ruído causa perturbação no sono, 25,0% aumentam o volume da televisão, 16,7% sofrem com a perda de concentração, e 8,3% apontam para agitação nas crianças (ver TABELA 21).

TABELA 21 – A forma como o ruído afeta a comunidade entrevistada.

Efeito	Nº	%
Perturbação do sono	6	50,0
Aumento do volume da TV	3	25,0
Perda de concentração	2	16,7
Agitação nas crianças	1	8,3
Total	12	100,0

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

Este estudo abrangeu uma avaliação dos níveis de pressão sonora e as fontes geradoras de ruídos num canteiro de obra típico da construção civil na cidade de Maringá – PR e as reações dos trabalhadores e comunidade expostas a estes ruídos.

Foi possível identificar, em cada fase estudada, um mapa de ruído diferenciado. Os dados levantados mostram que, em todas as atividades do canteiro de obra, existem fontes geradoras de ruídos produzidos por máquinas, equipamentos e procedimentos, que geram níveis de ruído que podem afetar a saúde dos trabalhadores destes locais.

Um fator de destaque observado é a percepção auditiva dos trabalhadores no canteiro de obra, que demonstraram estar habituados aos altos níveis de ruído. A falta de consciência e o desconhecimento da gravidade dos efeitos que a exposição prolongada a níveis elevados de ruído traz à saúde dos operários agravam e contribuem para a não prevenção nos locais de trabalho, fazendo-se necessário um programa de educação e conscientização para os trabalhadores em geral da construção civil.

Dois aspectos importantes foram identificados na reação da comunidade ao ruído gerado pelo canteiro de obra. Apesar das maiores queixas estarem relacionadas à perturbação do sono no período matutino, a comunidade em geral se comporta de forma mais tolerante aos ruídos produzidos em canteiro de obra por dois fatores básicos: o caráter temporal da obra e os benefícios futuros da ocupação do lote na vizinhança.

Foi possível comprovar que os equipamentos elétricos e mecânicos estão entre os maiores geradores de ruído no canteiro de obra. Através do levantamento feito, as principais fontes de

ruído no canteiro de obra foram: caminhão-perfuratriz, caminhão de concreto usinado, betoneira, vibrador, serra manual e furadeira.

A geração de níveis de ruído (nível equivalente) superiores a 85 dB(A) junto a estes equipamentos expõe seus operadores, e os trabalhadores que se encontram nesta área de abrangência, a níveis de pressão sonora que ultrapassam os limites estabelecidos pelas normas NR 15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO) e NHO 01 (FUNDACENTRO), exigindo medidas de ação e controle de ruído.

Ficou evidente que as atividades desenvolvidas no canteiro de obra produzem diferentes níveis de pressão sonora, intercalando etapas bastante ruidosas e outras menos ruidosas, sendo necessário um estudo mais aprofundado, com medições de nível de pressão sonora durante o período integral de duração da obra. Estes levantamentos devem ser executados nas áreas de atuação dos trabalhadores, junto às máquinas e equipamentos e nas adjacências do canteiro de obra, para um levantamento mais preciso dos mapas de ruído produzidos pelo canteiro e seus equipamentos e o raio de influência deste junto à comunidade.

Os canteiros de obra da construção civil não trazem o ruído como único problema de reclamações da comunidade. Outros elementos, como o aumento de tráfego de caminhões de carga e descarga, a produção constante de materiais particulados suspensos no ar, a oscilação de energia causada pelo uso de equipamentos elétricos, entre outros, foram detectados. Porém, é o ruído o que mais afeta a comunidade, pois este está presente em todo período de execução da obra.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Pelo presente estudo, verificou-se o alto nível de ruído produzido pelo canteiro de obra e o quanto este afeta tanto seus trabalhadores como a comunidade ao seu redor. De acordo com as análises feitas neste trabalho, procurou-se fazer recomendações que possam contribuir com a redução dos níveis de pressão sonora produzidos pelos canteiros de obra.

Para se conseguir melhores resultados de controle de ruído em todas as fases da obra, deve-se considerar três etapas de planejamento no processo construtivo dentro do canteiro de obra: atenuação na fonte, mudanças no *layout* e proteção dos operários.

Na primeira etapa, as propostas de atenuação na fonte geradora de ruído incluem o uso de barreiras acústicas entre a fonte geradora do ruído e os trabalhadores, a redução do ruído na sua origem através do uso de mantas acústicas, dispositivos de controle de vibração e sugestões de alterações no projeto dos equipamentos aos fabricantes, e a manutenção para conservação, segurança e redução do ruído emitido.

A manutenção nos equipamentos é de fundamental importância para a redução do ruído emitido pelos mesmos. Alguns fatores podem tornar os equipamentos mais ruidosos com o uso: dentes, engrenagens e rolamentos gastos; lubrificação pobre; peças mal balanceadas; obstrução nas saídas de ar; silenciadores danificados; remoção de acessórios redutores de ruído; e outros.

Para atenuação de ruído na fonte geradora, é necessário que se faça o levantamento dos equipamentos mais ruidosos, para então tomar medidas de atenuação dos mesmos, através de enclausuramento do equipamento, quando possível, ou através do uso de barreiras acústicas para isolamento entre a fonte de ruído e os trabalhadores.

As barreiras acústicas podem ser fixas, em equipamentos com locais pré-definidos (como a betoneira), ou portáteis (painéis ou mantas), que possam ser movidas junto aos equipamentos ruidosos e possam cobrir completamente a operação.

Para as propostas de mudança de *layout*, podemos adotar medidas que visem o posicionamento dos equipamentos que geram maior nível de ruído em locais mais isolados do canteiro de obra. Essas mudanças possibilitam, assim, uma redução dos níveis de ruído por meio de enclausuramento ou uso de barreiras e/ou mantas acústicas.

Outra forma de alteração no *layout* seria posicionar os equipamentos ruidosos o mais longe possível dos locais de trabalho, proporcionando uma dissipação do ruído produzido no percurso. Em campo livre, é conhecido que, dobrando-se a distância entre fonte e receptor do ruído, decai-se 6 dB.

Quando os métodos de atenuação do ruído não forem suficientes para reduzir os níveis de pressão sonora, deve-se proteger o trabalhador durante a jornada de trabalho. O uso de EPI (equipamento de proteção individual), regulamentado pela norma NR 18 do Ministério do Trabalho e Emprego, deve ser adotado pelos operadores de equipamentos emissores de ruído e também por todos os demais trabalhadores que se encontrem na mesma área de abrangência.

Finalmente, é importante salientar que os níveis de pressão sonora em canteiros de obra da construção civil estão acima dos limites estabelecidos pelas normas brasileiras, sendo de fundamental importância um estudo para implantação de um programa nacional de controle de ruídos em equipamentos da construção civil, nos mesmos moldes do Programa Silêncio (Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora), instituído pelo CONAMA, sob a coordenação do IBAMA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRY, F. G. **O Problema do Ruído Industrial e seu Controle**. FUNDACENTRO, São Paulo: 1978.
- ANTUNES, M. P. S.; BASSO, A.; CARAM, R. M. **Estudo de caso: Restaurante Central EESC-USP São Carlos – Avaliação da exposição do trabalhador ao ruído**. ANAIS do VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil – 11 a 14 de novembro de 2001.
- ARANA, .M.; GARCIA, A. **A Social Survey on the Effects of Environmental Noise on the Residents of Pamplona, Spain**. Applied Acoustics, Vol. 53, N. 4, p. 245-253, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10.151:2000. **Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento**. ABNT, Rio de Janeiro: 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10.152:1987. **Acústica – Avaliação do ruído ambiente em recintos de edificação visando o conforto dos usuários – Procedimento**. ABNT, Rio de Janeiro: 1987.
- BERGUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. **Guidelines for Community Noise**. World Health Organization, 1999. [on-line] Disponível em: <http://www.who.int/peh/noise/guideliness2.html>. Acesso em: 18 de setembro de 2002.
- BERISTAIN, S. M. C. **El ruido es un serio contaminante**. ANAIS do I Congresso Iberoamericano de Acústica, I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul e 18º Encontro da SOBRAC. Florianópolis: 05 a 08 de abril de 1998.
- BERTOLI, S. R.; KOWALTONWSKI, D. C. C.; BARROS, L. A. F. **Avaliação de Desempenho Acústico em Creches de Conjunto Habitacional de Interesse Social: O Caso de Projetos Padrão**. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**. Fortaleza: 1999.
- BERTUCCI, W. **Níveis Sonoros e Exposição ao Ruído em Malharias. Estudo de Caso: Região de Jacutinga, MG**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- BRÜEL & KJÆR. **Noise and practice**. Naerum. Dinamarca, 1982.
- CAMPOS, A. C. A.; CERQUEIRA, E. A.; SATTTLER, M. A. **Ruídos Urbanos na Cidade de Feira de Santana**. ANAIS do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENATC. Foz de Iguaçu: 7 a 10 de maio de 2002.
- CARDOSO, F. F. **Ferramentas, Máquinas e Equipamentos de Obras Civis**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990.

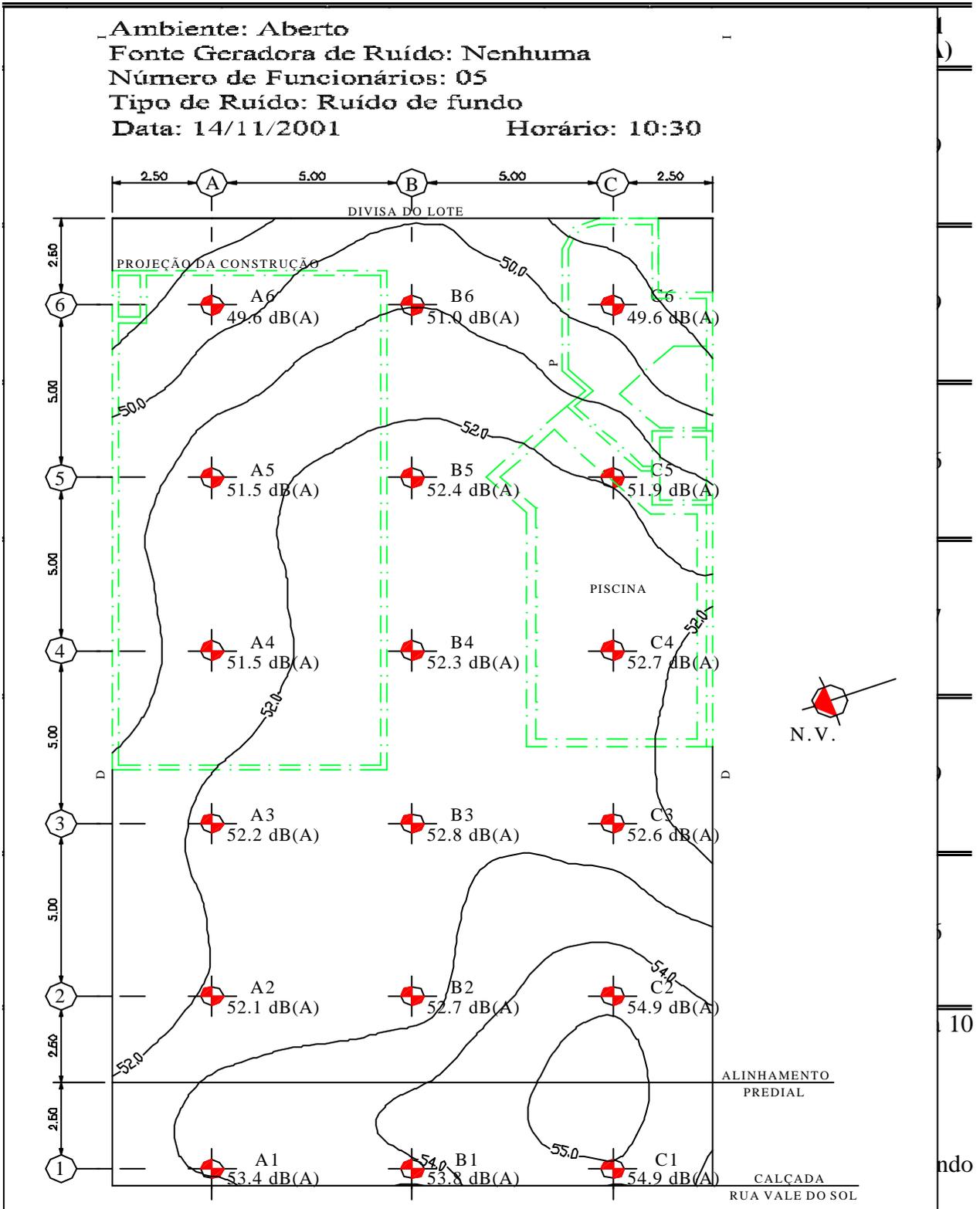
- CARDOSO, F. F.; KALLAS, E. R. E.; MARQUES, G. A. C. **Aspectos Organizacionais das Obras de Construção Civil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990.
- COMMONWEALTH OF MASSACHUSETTS SECTION 721.560. **Construction Noise Control**. [on-line] Disponível em: <http://www.nonoise.org/resource/construc/bigdig.html>. Acesso em: 18 de setembro de 2002.
- DEUS, M. J. **Os Efeitos da Exposição à Música e Avaliação do Ambiente de Trabalho em Professores de Academia de Ginástica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- DIAS, V. M. M.; SLAMA, J. G. **Introdução à Concepção Arquitetônica de Lugar de Trabalho Industrial a Nível de Ruído Reduzido**. ANAIS do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Qualidade no Processo Construtivo – ENTAC. Florianópolis: 27 a 30 de abril de 1998.
- FARNHAM, J.; BEIMBORN, E. **Techniques for Aesthetic Design of Freeway Noise Barriers**. Transportation Research Record 1312, p. 119-129, 1991.
- FRY, A. **Noise Control in Building Services**. Sound Research Laboratories LTD, p.341-350, 1988.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: 2000.
- ISO 1999. **Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment**. Second Edition. 1990.
- JOB, R. F. S. **Impact and Potential Use of Attitude and Other Modifying Variables in Reducing Community Reaction to Noise**. Transportation Research Record 1312, p. 109-115, 1991.
- JOSSE, R. **La acústica en la construcción**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1975.
- KUERER, R. C. **Classes of Acoustical Comfort in Housing: Improved Information about Noise in Buildings**. Applied Acoustic, Vol. 52, No. 3/4, p.197-210, 1997.
- MAIA, P. A. **O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- MAIA, P. A; BERTOLI, S. R. **Ruído e seus efeitos no homem da construção civil**. ANAIS do I Congresso Iberoamericano de Acústica, I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul e 18º Encontro da SOBRAC. Florianópolis: 05 a 08 de abril de 1998.
- MELLO JR, P. R. M. **O Ruído Industrial e sua Regulamentação Nacional e Internacional**. 1998. [on-line] Disponível em: <http://msnhomepages.talkcity.com/Terminus/pmoretzs/ri.htm>. Acesso em: 15 de junho de 2002.

- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NHO 01 – Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído.** FUNDACENTRO, São Paulo: 2001.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 9 – Programas de Prevenção de Riscos Ambientais.** [on-line] Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/>. Acesso em: 20 de maio de 2002.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 15 – Atividades de Operações Insalubres.** [on-line] Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/>. Acesso em: 20 de maio de 2002.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 17 – Ergonomia.** [on-line] Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/>. Acesso em: 20 de maio de 2002.
- MOURE, M. L. **Avaliação da Exposição ao Ruído Ocupacional: Estratégia de Medição Visando a Prevenção da PAIR.** ANAIS do I Congresso Iberoamericano de Acústica, I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul e 18º Encontro da SOBRAC. Florianópolis: 05 a 08 de abril de 1998, p. 367-370.
- NANTHAVANIJ, S.; BOONYAWAT, T.; WONGWANTHANE, S. **Analytical procedure for constructing noise contours.** International Journal of Industrial Ergonomics 23, p. 123-127, 1999.
- NEITZEL, R.; REN, K.; SEIXAS, N.; CAMP, J.; YOST, M. **An Assessment of Occupational Noise Exposures in Five Construction Trades.** University of Washington Department of Environmental Health, 2002. [on-line] Disponível em: http://staff.washington.edu/rneitzel/exec_sum.htm. Acesso em: 20 de maio de 2002.
- NEITZEL, R. **Noise Exposures in the Construction Industry.** University of Washington Department of Environmental Health, 2002. [on-line] Disponível em: <http://staff.washington.edu/rneitzel/Standarts.htm>. Acesso em: 20 de maio de 2002.
- NEPOMUCENO, L. X. **Elementos de Acústica Física e Psicoacústica.** São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1994.
- OLIVEIRA, M. M. R.; CAMAROTTO, J. A. **Estudo do Ruído em uma Seção de Estamparia.** ANAIS do II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. ANTAC – ABERGO - SOBRAC. Florianópolis: 28 de março a 01 de abril de 1993, p. 323-328.
- PARENTE, F. C.; MARTINS, M. C.; ESTEVES, V. A. A.; COSTA, A. M. A. **Acústica.** Universidade de Lisboa, 2002. Disponível em: <http://fisica.fc.ul.pt/disciplinas/fisica3/#Bib>. Acesso em: 20 de agosto de 2002.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. Maringá, 1997. **Projeto de Lei Complementar N. 218/97.** PMM. Disponível em: <http://www.cmm.gov.br/projetos/lc218.htm>. Acesso em: 30 de março de 2001.

- REGAZZI, R. D; ARAÚJO, G. M. **Crítérios para avaliação de ruído. Divergência entre a NR 15 e a NHO 01 (Fundacentro)**. [on-line] Disponível em: <http://www.safetyguide.com.br>. Acesso em: 10 de junho de 2002.
- RUSSO, I. C. P. **Acústica e Psicoacústica Aplicadas a Fonoaudiologia**. Lovise, 1999.
- SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído**. São Paulo: LTr, 2000.
- SANTOS, M. J. O.; DUARTE, C.R.S. **Análise das Condições Acústicas em Comunidade de Baixa Renda a Partir da Percepção dos Moradores**. Grupo Habitat – FAU/UFRJ, Ilha do Fundão/RJ, 1992.
- SENAI. **Estudo Setorial da Construção Civil**. Rio de Janeiro, 1995.
- SOUZA, F. P. **Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde em Geral – Ênfase Urbana**. [on-line] Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/1pf/2-1.html>. Acesso em: 17 de julho de 2002.
- WATTS, G.; CHINM, L.; GODFREY, N. **The effects of vegetation on the perception of traffic noise**. Applied Acoustic 56, p. 39-56, 1999.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Noise. Environmental Health Criteria 12**. Geneva, 1980. [on-line] Disponível em: <http://www.who.int/>. Acesso em: 20 de maio 2002.

ANEXOS

ANEXO 1 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase II – Ruído de fundo.



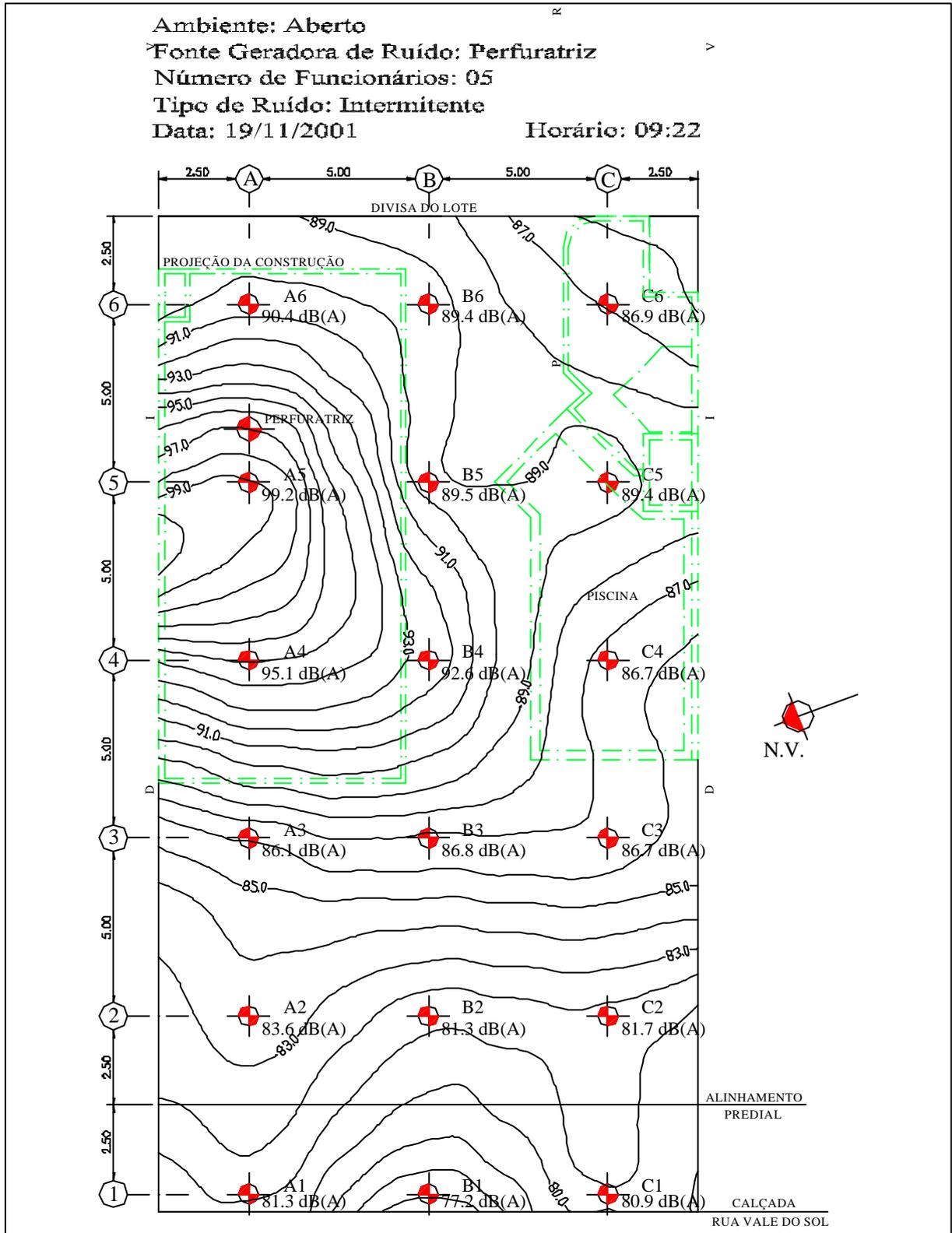
ANEXO 3 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase III – Estacas (ruído intermitente).

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	79,9	81,3	43,0	B1	78,4	77,2	16,6	C1	83,0	80,9	38,3
	83,9				75,9				79,2		
	81,1				77,1				80,5		
	79,6				77,6				78,9		
	80,7				76,8				81,3		
A2	81,9	83,6	72,7	B2	81,7	81,3	42,3	C2	80,2	81,7	46,8
	83,1				82,8				82,5		
	83,9				81,3				81,7		
	84,5				80,1				82,3		
	84,2				79,8				81,5		
A3	83,9	86,1	130,1	B3	87,9	86,8	153,1	C3	85,7	86,7	147,5
	86,7				86,1				86,5		
	85,8				86,7				86,3		
	85,2				87,3				87,9		
	88,0				85,9				86,7		
A4	93,2	95,1	1031,3	B4	92,9	92,6	579,1	C4	88,6	86,7	148,3
	94,5				91,6				87,3		
	94,1				92,1				85,6		
	95,8				93,0				84,9		
	96,9				93,2				86,1		
A5	97,9	99,2	2640,0	B5	89,4	89,5	281,4	C5	90,2	89,4	274,8
	98,6				88,9				89,5		
	98,4				88,4				89,1		
	100,3				90,3				89,7		
	100,1				90,1				88,1		
A6	89,5	90,4	349,2	B6	90,2	89,4	273,1	C6	86,5	86,9	154,1
	90,9				90,5				87,7		
	88,1				87,2				85,6		
	91,2				88,3				86,2		
	91,5				89,7				87,9		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 4 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase III – Estacas (ruído intermitente) em *Leq* - dB(A).



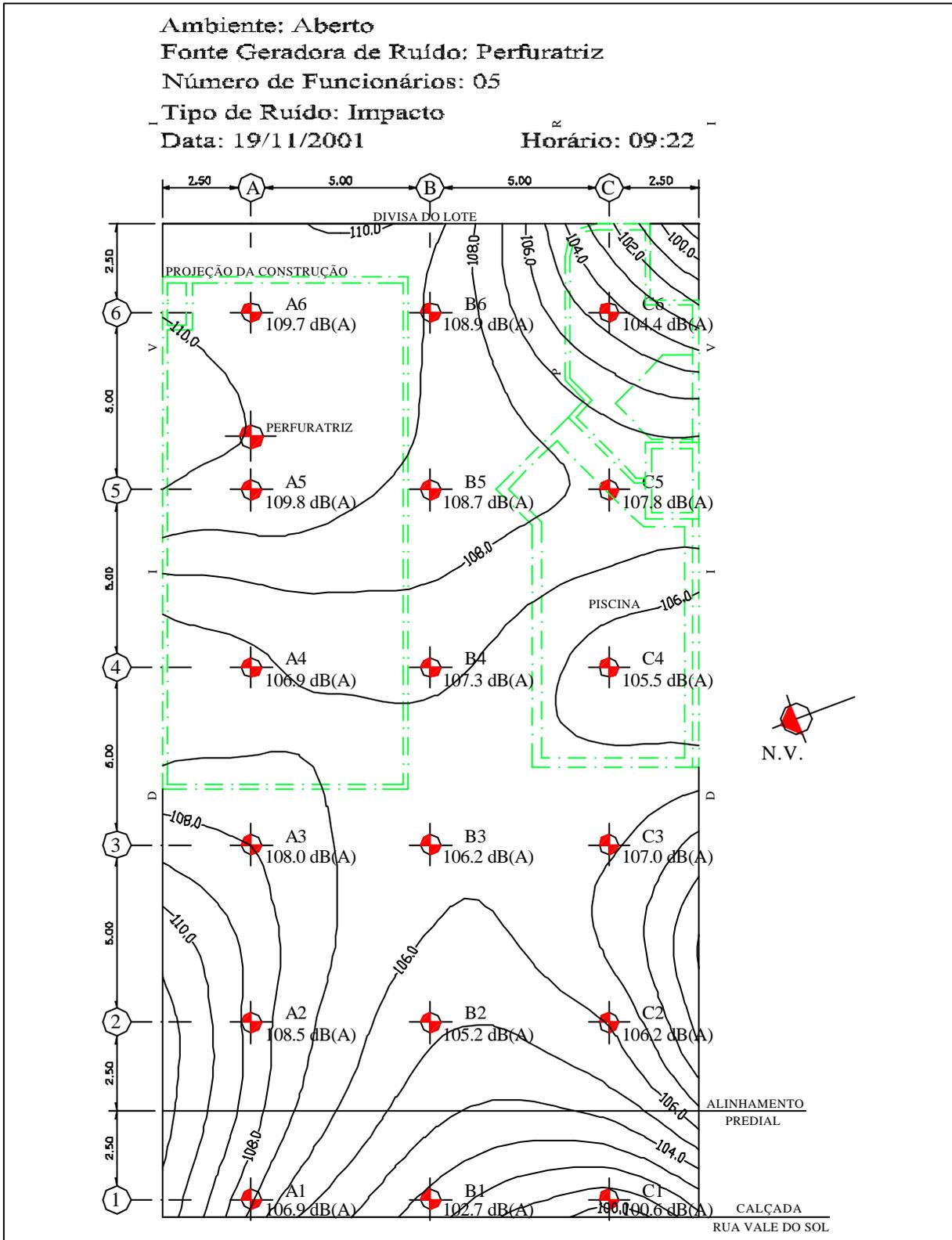
ANEXO 5 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase IV – Estacas (ruído de impacto).

Pts.	Medições dB(A)	L _{Máx.} dB(A)	L _{Corrigido} * dB(A)	Pts.	Medições dB(A)	L _{Máx.} dB(A)	L _{Corrigido} * dB(A)	Pts.	Medições dB(A)	L _{Máx.} dB(A)	L _{Corrigido} * dB(A)
A1	98,3	101,9	106,9	B1	95,5	97,7	102,7	C1	91,6	95,6	100,6
	101,9				96,8				93,4		
	101,4				92,7				90,8		
	100,2				97,7				94,5		
	95,3				94,0				95,6		
A2	100,9	103,5	108,5	B2	99,8	100,2	105,2	C2	100,1	101,2	106,2
	102,4				97,0				96,6		
	98,7				95,2				97,8		
	97,9				97,4				95,8		
	103,5				100,2				101,2		
A3	102,0	103,0	108,0	B3	98,6	101,2	106,2	C3	102,0	102,0	107,0
	98,5				101,2				100,1		
	103,0				97,8				99,2		
	98,9				96,9				96,6		
	102,7				97,9				98,0		
A4	101,9	101,9	106,9	B4	102,3	102,3	107,3	C4	96,4	100,5	105,5
	100,3				99,0				100,5		
	100,7				98,6				96,8		
	99,5				96,9				100,1		
	98,9				97,3				97,0		
A5	104,8	104,8	109,8	B5	103,7	103,7	108,7	C5	102,8	102,8	107,8
	103,0				103,1				99,7		
	102,7				101,2				97,3		
	100,2				99,8				96,5		
	102,3				100,9				100,2		
A6	104,7	104,7	109,7	B6	103,9	103,9	108,9	C6	98,6	99,4	104,4
	103,5				101,0				97,6		
	104,1				99,9				94,3		
	102,9				100,7				99,4		
	100,9				102,1				95,9		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Conforme NBR 10.151:2000.

ANEXO 6 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase IV – Estacas (ruído de impacto) – $L_{Corrigido}$ (NBR 10.151:2000).



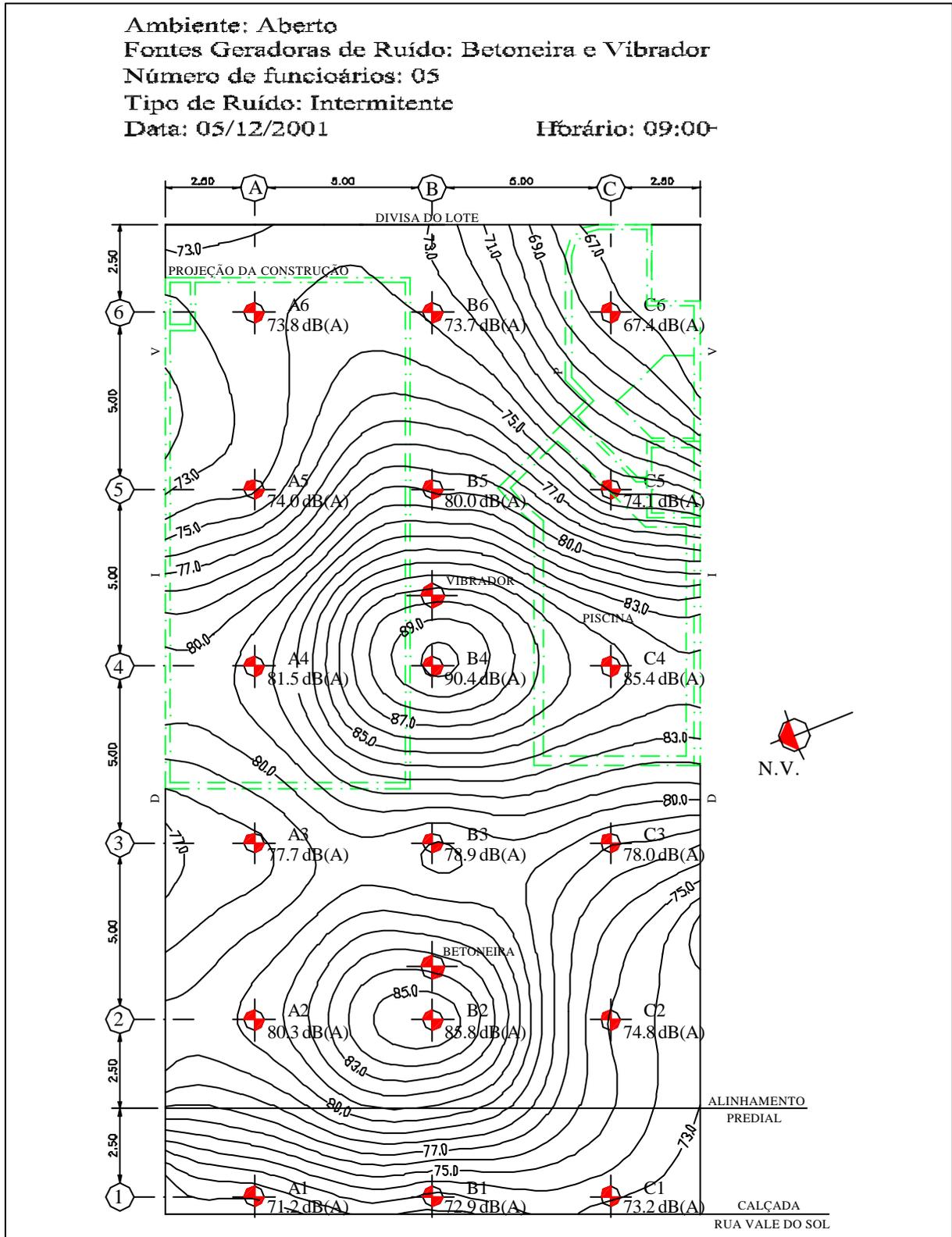
ANEXO 7 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase V – Vigas baldrame.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	69,3	71,2	4,2	B1	71,5	72,9	6,1	C1	74,6	73,2	6,6
	70,2				74,5				71,4		
	71,2				71,7				74,3		
	72,8				73,3				71,4		
	71,8				72,6				73,4		
A2	80,1	80,3	33,8	B2	85,1	85,8	120,2	C2	74,5	74,8	9,6
	79,2				84,2				74,9		
	82,6				84,7				75,3		
	78,9				85,7				75,1		
	79,6				88,1				74,3		
A3	76,2	77,7	18,5	B3	78,5	78,9	24,4	C3	77,0	78,0	20,0
	76,9				79,1				75,9		
	80,2				78,5				78,4		
	76,3				79,4				78,8		
	77,5				78,9				79,2		
A4	80,6	81,5	44,0	B4	92,1	90,4	348,3	C4	87,3	85,4	108,9
	81,2				81,0				87,5		
	83,5				90,2				85,0		
	80,7				91,8				84,1		
	80,4				90,7				76,6		
A5	74,7	74,0	7,9	B5	84,6	80,0	31,8	C5	72,7	74,1	8,0
	75,1				80,1				72,9		
	75,6				77,7				72,4		
	73,7				75,1				76,0		
	65,6				73,5				75,0		
A6	72,9	73,8	7,5	B6	73,5	73,7	7,4	C6	68,1	67,4	1,7
	71,7				72,4				68,3		
	72,9				75,1				66,9		
	75,2				72,9				66,9		
	75,2				74,2				66,3		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (Sound Level Meter), no modo fast, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 8 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase V – Vigas baldrame em *Leq* - dB(A).



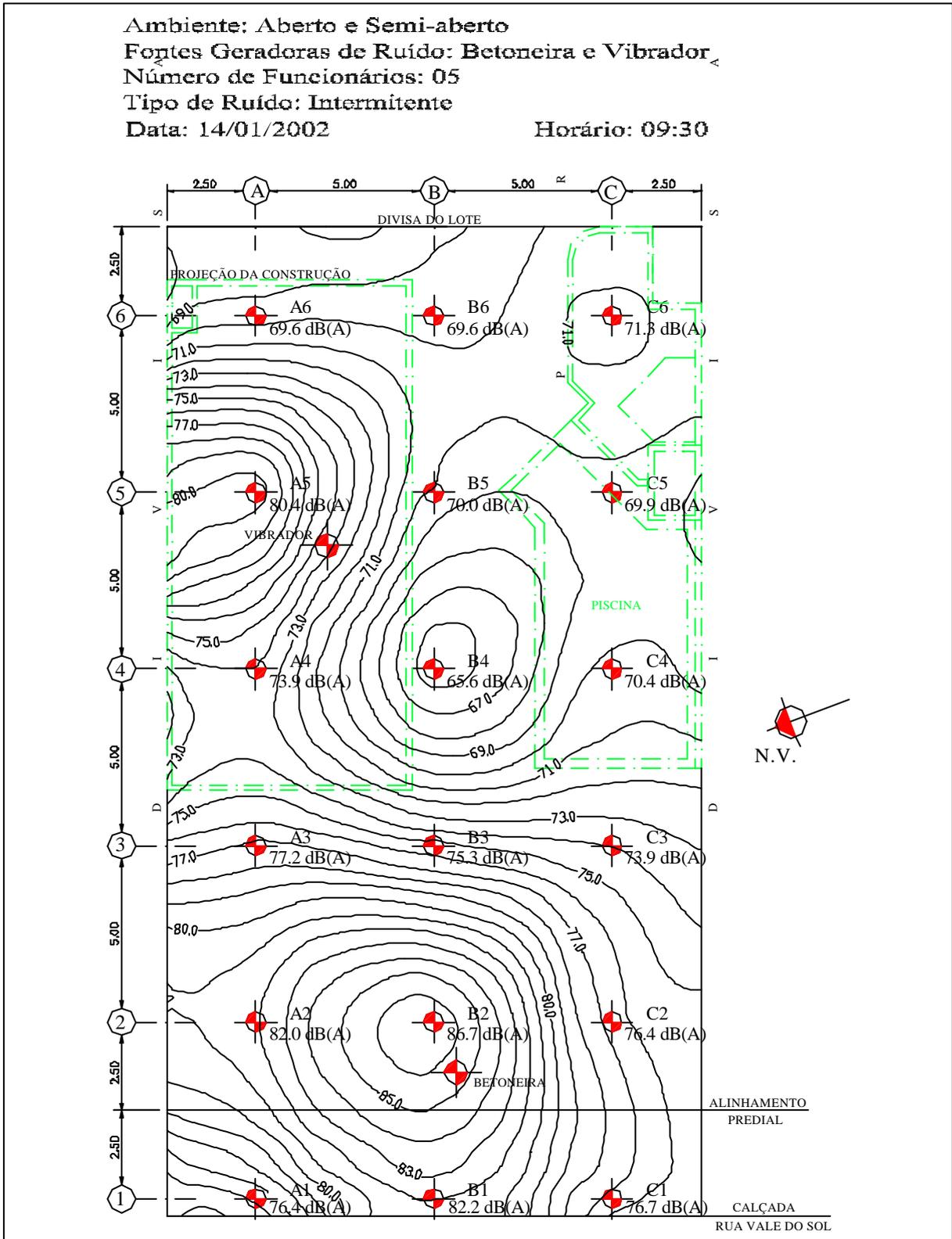
ANEXO 9 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VI – Laje do 1º pavimento.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	79,0	76,4	13,8	B1	82,4	82,2	52,0	C1	76,1	76,7	14,7
	79,3				82,5				75,9		
	73,6				82,7				75,4		
	73,3				81,3				76,9		
	70,1				81,8				78,5		
A2	81,1	82,0	49,8	B2	86,5	86,7	146,5	C2	77,0	76,4	13,7
	81,0				86,1				75,8		
	81,8				87,0				77,6		
	84,1				86,7				75,3		
	81,0				86,9				75,8		
A3	76,7	77,2	16,5	B3	76,2	75,3	10,7	C3	77,3	73,9	7,8
	76,3				74,2				73,4		
	78,4				75,8				71,3		
	76,3				74,9				68,1		
	77,9				75,2				74,5		
A4	71,1	73,9	7,7	B4	65,7	65,6	1,1	C4	70,4	70,4	3,4
	71,4				65,2				69,1		
	77,0				66,4				72,4		
	71,5				63,3				68,3		
	75,0				66,7				70,7		
A5	70,2	80,4	34,6	B5	70,0	70,0	3,1	C5	70,1	69,9	3,0
	81,6				68,8				69,2		
	82,4				72,2				70,1		
	83,2				69,5				69,0		
	70,4				68,0				70,7		
A6	67,9	69,6	2,9	B6	71,0	69,6	2,9	C6	72,8	71,3	4,2
	71,1				70,4				70,8		
	69,1				67,8				69,2		
	69,8				70,6				72,1		
	69,5				66,9				70,5		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 10 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VI – Laje do 1º pavimento em *Leq* - dB(A).



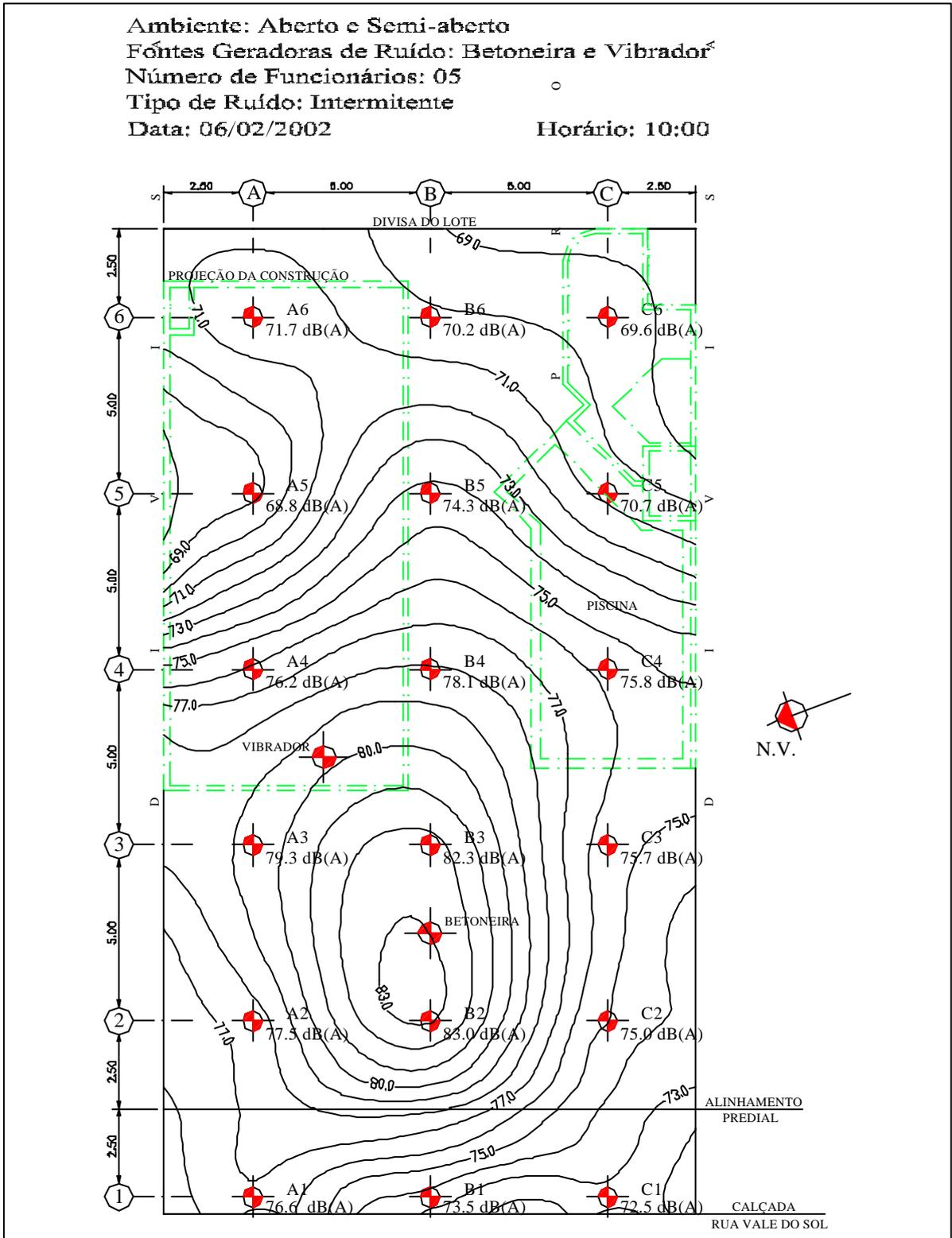
ANEXO 11 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VII – Laje de cobertura.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	
A1	78,4	76,6	14,3	B1	72,9	73,5	7,0	C1	71,6	72,5	5,6	
	75,2				73,5				72,7			
	78,9				72,9				73,1			73,7
	74,6				73,1				70,8			
	72,9				74,7							
A2	75,0	77,5	17,5	B2	81,8	83,0	62,4	C2	75,9	75,0	9,8	
	72,5				82,7				72,1			
	74,9				81,4				76,3			
	78,0				84,9				74,6			
	81,3				83,1				74,7			
A3	80,9	79,3	26,8	B3	83,9	82,3	53,8	C3	75,9	75,7	11,6	
	77,8				83,6				77,3			
	77,9				82,5				75,2			
	80,7				79,9				75,3			
	78,0				80,1				73,9			
A4	75,5	76,2	13,0	B4	78,3	78,1	20,1	C4	73,6	75,8	12,0	
	76,9				78,1				75,1			
	73,2				78,6				74,2			
	74,3				77,9				78,7			
	78,7				77,3				75,4			
A5	70,9	68,8	2,4	B5	75,9	74,3	8,4	C5	70,1	70,7	3,7	
	64,4				73,1				73,4			
	69,0				71,8				67,3			
	69,1				74,1				71,9			
	68,4				75,2				67,9			
A6	72,7	71,7	4,6	B6	68,7	70,2	3,2	C6	69,2	69,6	2,9	
	72,4				70,3				70,0			
	70,3				70,8				68,7			
	71,6				70,9				68,5			
	70,8				69,7				71,1			

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 12 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VII – Laje de cobertura em *Leq* - dB(A).



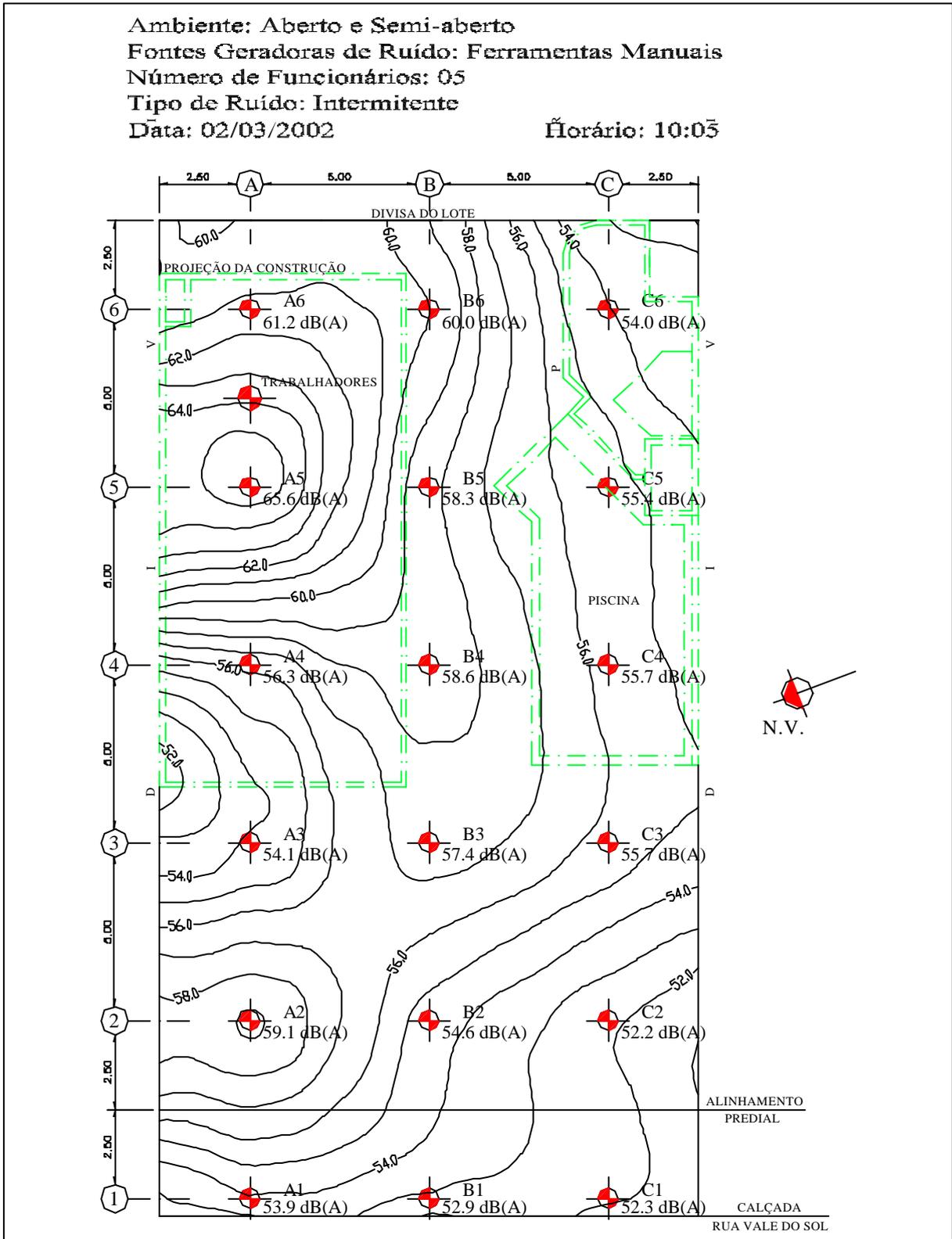
ANEXO 13 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase VIII – Ferramental de obra.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	52,8	53,9	0,1	B1	50,9	52,9	0,1	C1	53,4	52,3	0,1
	57,3				52,7				51,0		
	49,5				53,8				51,9		
	52,5				53,7				52,6		
	53,7				52,7				52,2		
A2	57,5	59,1	0,3	B2	53,6	54,6	0,1	C2	51,9	52,2	0,1
	53,5				54,1				51,5		
	61,4				54,2				51,0		
	61,9				53,7				52,3		
	55,5				56,5				53,6		
A3	54,2	54,1	0,1	B3	60,3	57,4	0,2	C3	56,4	55,7	0,1
	53,9				51,4				58,2		
	54,9				57,0				53,9		
	54,5				59,1				55,1		
	52,6				53,3				52,6		
A4	55,7	56,3	0,1	B4	59,6	58,6	0,2	C4	54,2	55,7	0,1
	53,2				60,4				55,4		
	54,7				58,7				56,1		
	60,1				54,8				57,4		
	53,8				57,6				54,8		
A5	63,2	65,6	1,1	B5	55,7	58,3	0,2	C5	53,5	55,4	0,1
	68,2				54,8				56,4		
	63,5				56,8				53,6		
	67,4				60,8				55,0		
	62,7				60,0				57,1		
A6	59,9	61,2	0,4	B6	56,8	60,0	0,3	C6	52,2	54,1	0,1
	62,6				58,3				53,5		
	61,7				62,5				54,1		
	61,3				62,3				56,3		
	59,8				55,4				52,8		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 14 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase VIII – Ferramental de obra em *Leq* - dB(A).



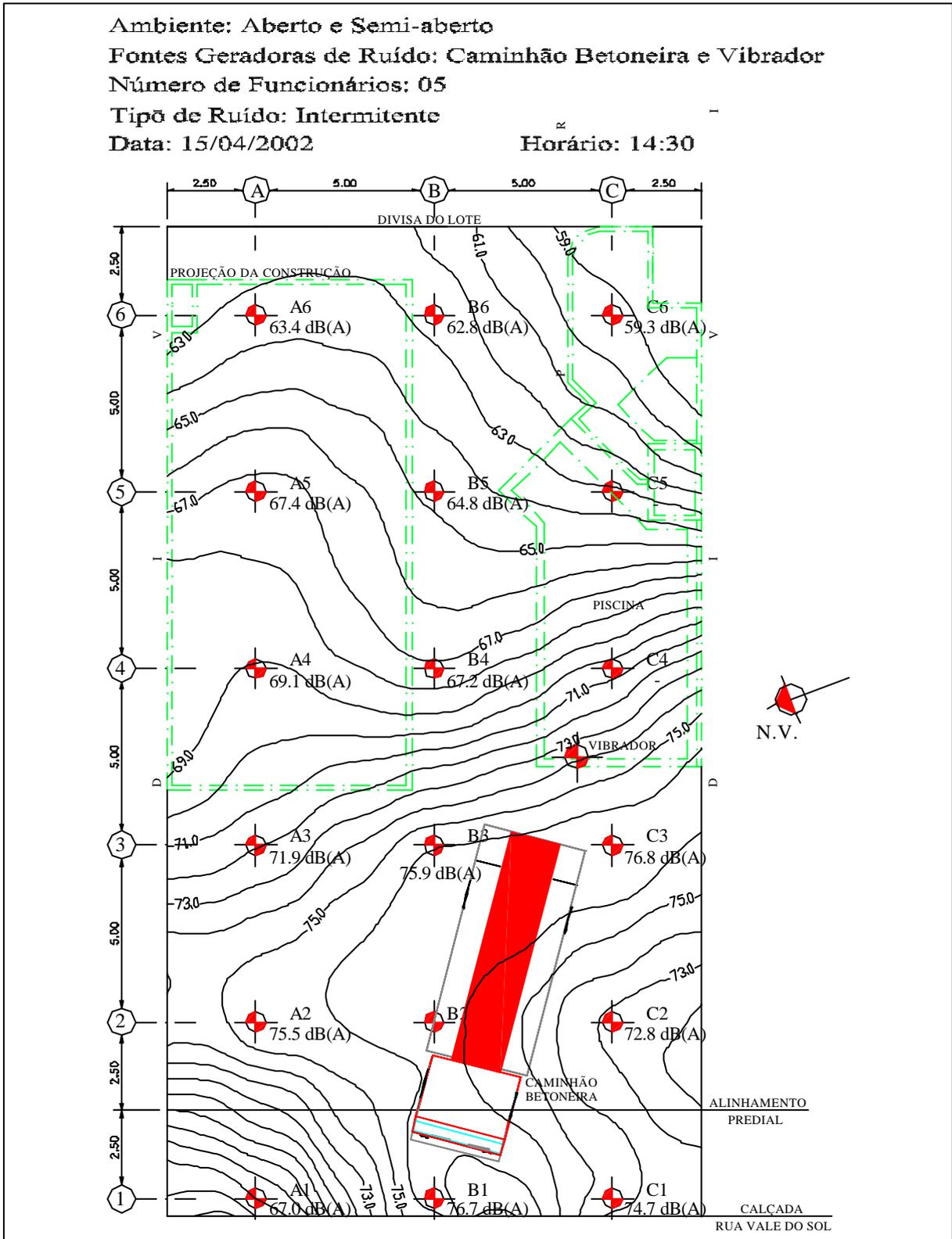
ANEXO 15 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase IX – Concretagem da piscina.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	69,5	67,0	1,6	B1	75,9	76,7	14,8	C1	72,5	74,7	9,2
	65,7				75,7				71,9		
	67,2				77,5				71,4		
	67,0				77,3				71,8		
	63,3				76,9				79,3		
A2	75,0	75,5	11,2	B2	-	-	-	C2	72,0	72,8	5,9
	76,2				-				72,8		
	75,2				-				72,9		
	75,3				-				73,8		
	75,8				-				72,0		
A3	68,2	71,9	4,8	B3	79,9	75,9	12,1	C3	68,7	76,8	15,1
	69,1				76,1				80,7		
	76,9				75,3				73,4		
	68,2				68,9				72,5		
	68,5				70,9				78,8		
A4	65,8	69,1	2,5	B4	62,9	67,2	1,7	C4	-	-	-
	69,4				63,7				-		
	65,2				72,2				-		
	64,8				63,4				-		
	73,3				65,3				-		
A5	63,2	67,4	1,7	B5	64,8	64,8	0,9	C5	-	-	-
	63,0				63,4				-		
	67,2				63,5				-		
	63,3				66,8				-		
	72,0				64,6				-		
A6	62,6	63,4	0,7	B6	64,2	62,8	0,6	C6	58,8	59,3	0,3
	64,0				62,8				59,1		
	63,1				62,5				59,2		
	64,0				61,6				59,8		
	62,9				62,2				59,6		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos. Em alguns pontos, as medições não foram realizadas devido ao posicionamento do caminhão-betoneira (ponto B2) e aos trabalhos de concretagem da piscina (pontos C4 e C5).

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 16 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase IX – Concretagem da piscina em *Leq* - dB(A).



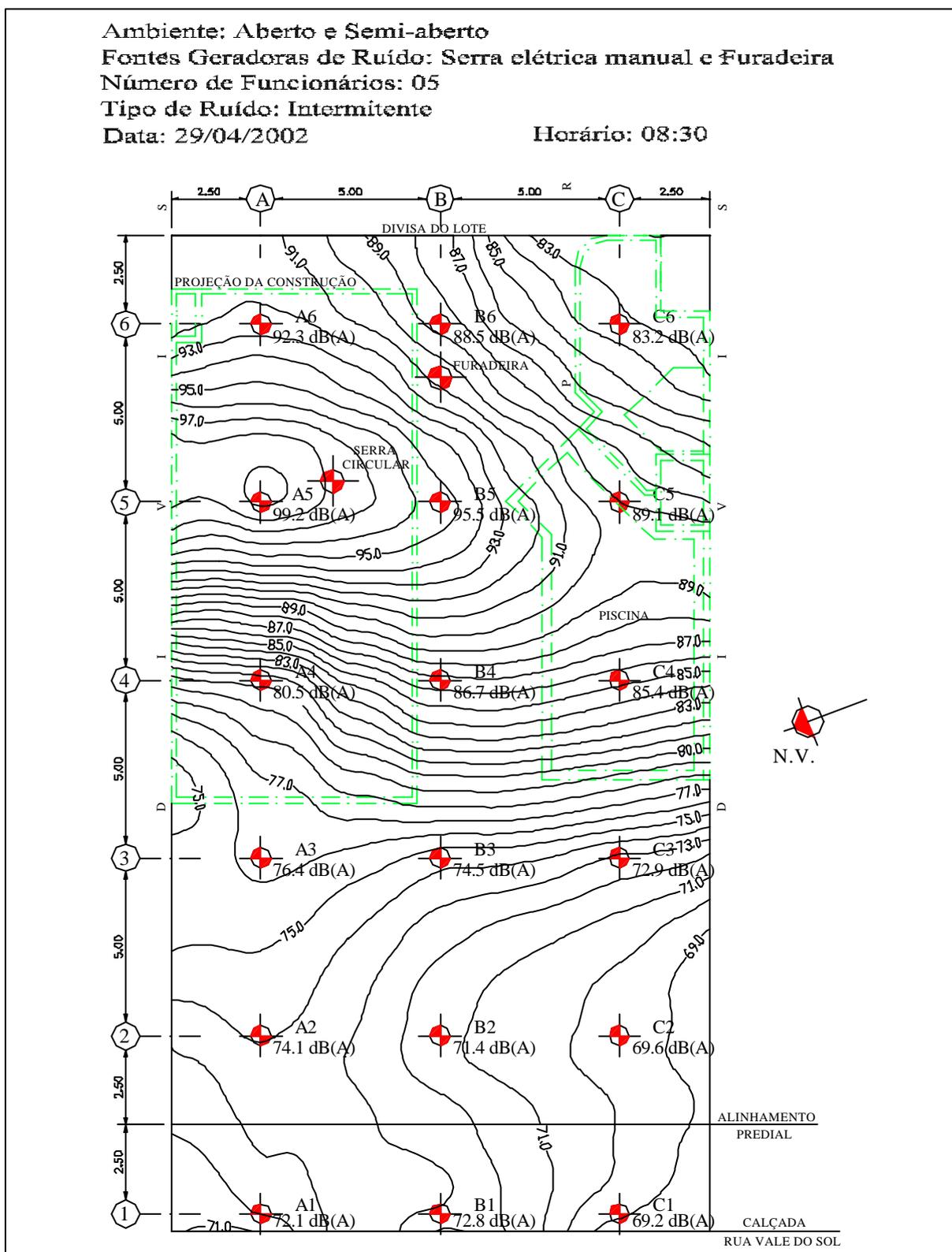
ANEXO 17 – Tabela de medição dos níveis de pressão sonora nos pontos da Fase X – Formas de madeira.

Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)	Pts.	Medições dB(A)	Leq dB(A)	Dose* (%)
A1	70,1	72,1	5,0	B1	71,3	72,8	6,0	C1	69,2	69,2	2,6
	69,3				72,2				68,4		
	75,0				72,9				68,8		
	71,2				74,9				69,7		
	72,3				71,9				69,9		
A2	75,2	74,1	8,1	B2	72,0	71,4	4,3	C2	69,5	69,6	2,9
	73,9				71,5				70,2		
	72,9				71,2				70,3		
	74,0				70,8				69,0		
	74,2				71,3				68,8		
A3	79,2	76,4	13,6	B3	73,4	74,5	8,9	C3	72,5	72,9	6,1
	77,5				74,7				72,4		
	75,2				72,3				72,9		
	72,1				76,7				73,5		
	74,3				74,3				73,0		
A4	81,4	80,5	35,5	B4	87,3	86,7	148,6	C4	85,3	85,4	109,0
	81,0				85,5				87,5		
	78,9				85,8				81,2		
	77,5				87,9				86,3		
	82,2				86,6				84,2		
A5	99,9	99,2	2645,5	B5	94,2	95,5	1123,4	C5	90,3	89,1	259,3
	100,4				93,6				89,1		
	100,1				98,8				87,6		
	97,4				93,2				88,9		
	96,9				94,8				89,3		
A6	94,2	92,3	545,5	B6	88,1	88,5	225,2	C6	85,2	83,2	66,6
	91,5				87,6				83,5		
	92,2				91,0				81,9		
	89,2				87,8				82,6		
	93,1				86,7				82,1		

Medições feitas com o Medidor de Nível Sonoro (*Sound Level Meter*), no modo *fast*, a cada 10 segundos.

* Considerando uma dose de 100% para 8 horas diárias de exposição ao nível de 85 dB(A), conforme determina a norma NHO 01 – FUNDACENTRO.

ANEXO 18 – Gráfico de isolinhas (2D) dos níveis de pressão sonora da Fase X – Formas de madeira em Leq - dB(A).



ANEXO 19 – Modelo de questionário - comunidade

Nome: _____ (Somente iniciais)

Idade: _____ Sexo: () Masculino () Feminino

- Em qual desses horários você costuma permanecer em casa?

() Durante todo o dia	() Tarde – 13h30min. às 18h
() Manhã – 06h às 12h	() Noite – 18h às 24h
() Almoço – 12h às 13h30min.	

- O ruído produzido pelo canteiro de obra lhe incomoda?

- Em quais desses períodos o ruído produzido pelo canteiro de obra mais incomoda?

() Durante todo o dia	() Tarde – 13h30min. às 18h
() Manhã – 06h às 12h	() Noite – 18h às 24h
() Almoço – 12h às 13h30min.	

- De que forma este ruído afeta seu cotidiano?

() Perda da concentração	() Queda de produção
() Nervosismo / Irritação	() Dores de cabeça
() Dores no ouvido	() Zumbidos
() Cansaço	() Não ouço campainhas / telefone
() Tenho que aumentar o volume do rádio / TV	() Tenho que falar mais alto para ser entendido
() Outros. Quais? _____	

- Há quanto tempo isso ocorre? _____

- Alguma coisa foi feita por você, seus vizinhos, ou pelos trabalhadores para minimizar o incômodo? Quais foram os resultados? Explique:

- Caso você tenha alguma opinião, crítica ou sugestão sobre o assunto, descreva abaixo:

ANEXO 20 – Modelo de questionário - operários

Nome: _____(Somente suas iniciais)

Idade: _____

Função: _____

Em que tipo de obra você trabalha? _____

Em que horário você trabalha? _____

Você faz algum trabalho nas horas de descanso? () Sim () Não

Que tipo? _____

- Há quanto tempo você trabalha nesse tipo de atividade? _____

- Qual a sensação auditiva após o trabalho?

() Nenhuma	() Zumbido	() Outros
() Dor de Cabeça	() Pressão no Ouvido	Quais? _____
() Cansaço	() Tontura	_____

- Seus familiares fazem comentários quanto ao volume que você impõe ao rádio e à televisão?

- Eles reclamam que você não os escuta?

- Você tem desconforto a sons intensos? () Sim () Não Justifique:

- Alguma vez teve infecção ou dor no ouvido? () Sim () Não

- Já fez algum exame audiométrico? () Sim () Não Quando e por que?

- Qual a sua opinião sobre a realização do exame audiométrico em profissionais de sua área?

ANEXO 20 – Modelo de questionário - operários (continuação)

- Você já teve comprometimento de voz? () Sim () Não		
- Em caso positivo, quantas vezes em um ano?		
() 1 a 3 vezes	() 3 a 5 vezes	() acima de 5 vezes
- Atualmente você tem alguma queixa vocal do tipo:		
() Coceira	() Perda de voz	
() Dor de garganta	() Rouquidão	
() Pressão na garganta	() Nenhuma	
() Pigarro	() Outros	
() Cansaço ao falar	Quais? _____	
- A queixa assinalada acima acontece antes ou após o trabalho? _____		
- Há períodos em que sua voz melhora ou piora? Como e quando isso acontece?		
- Você já recebeu algum tipo de orientação sobre como prevenir as disfunções vocais?		
() Sim () Não		
Em caso positivo, qual?		
- Você toma alguma precaução? () Sim () Não		
Em caso positivo, qual? _____		
Em caso negativo, por que? _____		
- Você participaria de uma avaliação vocal com um fonoaudiólogo(a)? () Sim () Não		
Justifique:		
- Você fuma? () Sim () Não		