



**FMUC** FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

# O RUÍDO NAS ESCOLAS

**Elisabete Rainho Pereira Branco**

**Coimbra**

**2013**

# O RUÍDO NAS ESCOLAS

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Faculdade de Medicina da Universidade de  
Coimbra como requisito à obtenção do Grau de Mestre  
em Saúde Ocupacional

Aluno: Elisabete Rainho Pereira Branco

Orientador: Engenheira Isabel Cristina Gaspar Pestana da Lança

Co-Orientador: Dr. António Manuel Pinto Brochado Moreira de Morais

COIMBRA

2013

Dedico esta Monografia ao meu marido e  
filha, pela força, coragem incentivo e  
carinho que sempre me deram, para  
poder obter o Grau de Mestre em  
Saúde Ocupacional.

À minha família, pela coragem que me têm dado no decorrer deste trabalho.

*"...Ninguém nasce feito. Vamos nos fazendo aos poucos, na prática social de que tomamos parte."*  
**(Paulo Freire.)**

## AGRADECIMENTOS

Expresso o meu sincero reconhecimento e gratidão a todos aqueles que contribuíram para a concretização deste projecto.

Este trabalho é o culminar de uma longa sequência de acontecimentos, e são devidos agradecimentos a muitas pessoas.

À Senhora Engenheira Isabel Cristina Gaspar Pestana da Lança, minha orientadora, bem como ao Doutor António Manuel Pinto Brochado Moreira de Moraes, meu co-orientador, pelo apoio técnico e científico prestado, pela confiança e motivação demonstradas.

À D. Anabela Paula, do Instituto de Higiene e Medicina Social da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, pelo permanente incentivo à realização deste estudo.

Ao Senhor Dr. José Manuel Azenha Tereso, Presidente do Conselho Diretivo da Administração Regional de Saúde do Centro, I.P., ao Senhor Dr. João Pedro Travassos Carvalho Pimentel, Diretor do Departamento de Saúde Pública, pela permissão e apoio prestado ao longo do tempo que necessitei de me dedicar a esta tarefa.

À minha amiga, Sandra Lourenço, pela disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas, fundamentalmente, no tratamento estatístico dos dados, pelo incentivo e carinho que me dedicou.

À Dra. Isabel Andrade, pela inestimável cooperação, colaboração e apoio, que possibilitou a viabilização e os recursos necessários, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

À minha amiga Paula Fernandes, pelo estímulo afectuoso, pela amizade, ajuda e paciência demonstrada.

À minha amiga Lúcia Marques, pelo incentivo, ajuda, estima e pela amizade.

Aos colegas de curso do Mestrado em Saúde Ocupacional, Bartolomeu Alves e Susana Lavoura.

Á minha família, cujo calor, humanidade, boa vontade e incentivo, nesta pesquisa foi imprescindível.

Cumpre-me ainda agradecer a toda a equipa de investigação, sem a qual não seria possível realizar este trabalho de forma organizada.

A todos Estes e Áqueles que involuntariamente não referi,

Eterna Gratidão

**Índice**

AGRADECIMENTOS .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	VIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	X
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUÇÃO.....	13
DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DO ESTUDO.....	16
CAPÍTULO I.....	18
ÂMBITO E ENQUADRAMENTO LEGAL.....	18
CAPÍTULO II .....	22
1. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES .....	22
1.2 CONCEÇÃO FÍSICA DO RUÍDO .....	22
1.3 DEFINIÇÕES .....	23
1.3.1 NÍVEL SONORO .....	23
1.3.2 PRESSÃO SONORA.....	23
1.3.3 FREQUÊNCIA E ESPETRO.....	26
1.4 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO .....	30
1.5 VIAS AUDITIVAS.....	31
1.6 AUDIBILIDADE.....	32
1.7 TIPOS DE RUÍDO .....	35
1.8 MEDIÇÃO DO RUÍDO .....	36
1.9 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO .....	37
1.9.1 ACÇÃO DO RUÍDO SOBRE O ORGANISMO EM GERAL.....	37
1.9.2 O RUÍDO COMO FATOR DE ALTERAÇÃO DO COMPORTAMENTO INDIVIDUAL .....	38
1.9.3 RISCO DE PERDA AUDITIVA .....	40
1.9.4 EFEITOS PSICOLÓGICOS CAUSADOS PELO RUÍDO.....	40
1.9.5 EFEITOS DO RUÍDO SOBRE A ATENÇÃO, CONCENTRAÇÃO E DESEMPENHO COGNITIVO.....	41
1.9.6 EFEITOS DO RUÍDO NO ENTENDIMENTO DA FALA .....	42
1.9.7 OUTROS EFEITOS DO RUÍDO .....	42
1.9.8 O RUÍDO E A SENSIBILIDADE INDIVIDUAL .....	43

1.10 O RUÍDO EM ESPAÇO ESCOLAR.....	44
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGIA.....	46
1. MATERIAL E MÉTODOS .....	46
1. 1 TIPO DE ESTUDO .....	46
2. AMOSTRAGEM .....	46
2.1 POPULAÇÃO ALVO E AMOSTRA .....	46
3. PROCEDIMENTOS.....	48
3.1. EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DO RUÍDO.....	49
3.2. ASPETOS ÉTICOS .....	49
3.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	49
CAPÍTULO IV .....	51
1. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	51
1. 1. ANÁLISE INFERENCIAL .....	51
2. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO.....	52
ANÁLISE DE RESULTADOS .....	69
DISCUSSÃO/CONCLUSÃO .....	70
SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS .....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXOS .....	77
ANEXO I – FICHA DE CARATERIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS DE ENSINO .....	78
ANEXO II – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DO SONÓMETRO.....	81



## Índice de Figuras

Figura 1 – Escala de pressão sonora (Pa) / Nível de pressão sonora (dB).....	24
Figura 2 - Espectro de frequências sonoras. ....	26
Figura 3 - Representação da onda sonora correspondente a um som grave de 150 hz .....	27
Figura 4 - Representação da onda sonora correspondente a um som agudo de 2000 Hz.....	27
Figura 5 - Representação da onda sonora correspondente a um som fraco de 400 Hz.....	27
Figura 6 - Representação da onda sonora correspondente a um som forte de 400 Hz.....	28
Figura 7 - Sons com a mesma frequência fundamental mas harmónicos diferentes.....	28
Figura 8 - Curva de sensibilidade do ouvido humano.....	29
Figura 9 - Anatomia do ouvido humano (cortesia da Bilson International Ltd.).....	30
Figura 10 - Curva de mesmo nível de audibilidade ou curvas de Fletcher e Munson.....	33
Figura 11 - Comparação entre as curvas de ponderação A e C.....	34
Figura 12 – Efeitos fisiológicos do ruído no organismo .....	38
Figura 13 - Efeitos críticos causados pelo ruído .....	39
Figura 14 – Sonómetro utilizado nas medições dos níveis de pressão sonora.....	49

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Nível sonoro no refeitório para 5 grupos de tipologias diferentes .....	54
Gráfico 2 - Ruído no refeitório e a tipologia.....	56
Gráfico 3 - Ruído na zona polivalente interior e a tipologia .....	56
Gráfico 4 - Ruído no refeitório e o número de alunos.....	56
Gráfico 5 - Ruído na zona polivalente interior e o número de alunos.....	56
Gráfico 6 - Nível sonoro no refeitório .....	57
Gráfico 7 - Nível sonoro na zona polivalente interior .....	57
Gráfico 8 - Histograma do ruído no refeitório .....	57
Gráfico 9 - Histograma do nível sonoro na zona polivalente interior .....	57
Gráfico 10 - A Tipologia e o ruído no refeitório.....	58
Gráfico 11 - Tipologia e o ruído na zona polivalente interior.....	59
Gráfico 12 - Ruído no refeitório e a proveniência dos alunos .....	63
Gráfico 13 - Ruído na zona polivalente interior .....	63
Gráfico 14 - Área do refeitório e o nível sonoro.....	65
Gráfico 15 - Área da zona polivalente interior e o nível sonoro.....	66

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Filtros de ponderação A e C e respectivas características .....	34
Tabela 2 - Risco de perda de audição, devida exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição .....	40
Tabela 3 - Teste da normalidade.....	52
Tabela 4 - Resultado do teste ONE-WAY Anova .....	53
Tabela 5 - Teste de Levene.....	53
Tabela 6 - Teste F.....	54
Tabela 7 - Média do ruído na zona polivalente interior e no refeitório.....	55
Tabela 8 - Existência de vigilante no interior do refeitório e assistente operacional na entrada do refeitório.....	60
Tabela 9 - Presença de assistente operacional na entrada do refeitório.....	61
Tabela 10 – Presença de vigilante no interior do refeitório .....	61
Tabela 11 - Ruído medido no interior do refeitório .....	61
Tabela 12 - Nível de ruído com a presença de vigilante no interior do refeitório e com a presença do assistente operacional na entrada .....	62
Tabela 13 - Análise da variância Anova para um fator .....	63
Tabela 14 - Teste Post-Hoc.....	64
Tabela 15 - Proveniência dos alunos e os níveis de ruído no refeitório e zona polivalente interior .....	64
Tabela 16 - O ruído com a área do refeitório e área da zona polivalente interior .....	65
Tabela 17 - Homogeneidade das variâncias das variáveis dependentes.....	66
Tabela 18 - Teste M de Box e as covariâncias .....	67
Tabela 19 - Valores médios dos níveis de ruído na zona polivalente interior e refeitório .....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Sigla</b>	<b>Significado</b>
dB	Décibel
Hz	Hertz
$L_{A,eq}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente Ponderado A
$L_{C,pico}$	Valor Máximo de Pressão Sonora Ponderado C
$L_{den}$	Indicador de Ruído Diurno-Entardecer-Noturno
$L_{Ex,8h}$	Nível de Exposição Diária para um Dia de Trabalho de 8 horas
$L_p$	Nível de Pressão Sonora
$L_{Pico}$	Valor Máximo de Pressão Sonora
$L_{noite}$	Indicador de Ruído Noturno
NP	Norma Portuguesa
OMS	Organização Mundial de Saúde
Pa	Pascal
WNS	Weinstein's Noise Scale

### RESUMO

Desde há muito que se reconhece o ruído como um fator de risco ocupacional na saúde dos trabalhadores e os efeitos da sua exposição têm sido objeto de estudo para muitos investigadores. As escolas com a sua população específica deveriam ser um local saudável e de promoção de comportamentos salutareos.

Os possíveis efeitos da exposição ao ruído, em contexto escolar, poderão ser considerados um fator de risco para alunos e profissionais docentes e não docentes nas escolas. Com base nesta premissa, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar os níveis sonoros existentes nos espaços comuns e refeitórios das escolas. Na perspetiva teórica, aborda-se o conceito de ruído e os seus efeitos sobre a saúde, tendo em conta que a sensibilidade individual ao ruído é um parâmetro subjetivo, e como tal, a sua mensuração implica a aplicação de instrumentos já validados, como a Weinstein's Noise Scale (WNS). Na perspetiva empírica inicia-se a concretização deste trabalho com a seleção de Escolas Básicas do 2.º e 3.º ciclos dos Distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria e Viseu, tendo sido selecionadas 30 amostras. Foi medido o nível de exposição sonora durante os intervalos nos espaços interiores e durante o período do almoço nos refeitórios, sendo registado o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A ( $L_{A,eq}$ ).

Na metodologia utilizada foi elaborada uma ficha de caracterização para as escolas, a preencher localmente em cada avaliação feita (a qual permite recolher toda a informação necessária à caracterização das escolas para o estudo pretendido). O tipo e técnica de amostragem é probabilística aleatória estratificada e a dimensão da amostra é de 30 escolas.

Face aos valores de nível sonoro encontrado nos locais estudados, podemos afirmar que o ruído existente nas escolas, é um potencial risco para a saúde da comunidade escolar, podendo efetivamente afetar a aprendizagem e aumentar a agressividade nas escolas. Não foi possível estabelecer relação entre a tipologia dos estabelecimentos de ensino e os níveis sonoros existentes nas zonas interiores dos polivalentes e nos refeitórios, a proveniência dos alunos, a existência de controlo na entrada dos refeitórios e dos vigilantes existentes no seu interior.

A exposição ao ruído da comunidade escolar de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) pode causar danos psico-fisiológicos.

**Palavras Chave:** Ruído, Exposição, Sensibilidade

## ABSTRACT

The noise has been recognized as a risk factor in the occupational health of workers and its exposure effects have been studied for many researchers. The schools, by their specific populations, should be a place to promote healthy behaviors. In a school context, the possible effects of exposure to noises can be considered a risk factor for students, professional teachers and other professionals. Based on this premise, the present study aims to evaluate the existing noise levels in spaces, such as canteens and schools. In a theoretical perspective, we intent to explore the concept of noise and its effects on health, taking into account that individual sensitivity to the noise is a subjective parameter, and as such, its measurement involves applying previously validated instruments, such as Weinstein's Noise Scale (WNS). In an empirical perspective, we selected schools (5<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup> grade) from Aveiro, Coimbra, Leiria and Viseu, where a total of 30 samples were analyzed. We measured the level of noise exposure during breaks in inside spaces and during lunch in cafeterias and we recorded the noise level weighted equivalent continuous (LA,eq). In addition to the methodology mentioned, it was elaborated a characterization form for schools to fill locally at each evaluation (which has all the information needed to characterize the schools in this study). The type and sampling is random probabilistic stratified and the sample size is 30 schools. As a result, considering the sound levels obtained, we can say that the existing noise in schools is a potential risk to the health of the school community and can effectively affect learning and increase aggression in schools. In this context, it wasn't possible to correlate the schools types and the existing noise levels in inside areas and the provenance of the students, the existence of control at the entrance of the dining rooms and vigilant existing inside. Noise exposure of the school community according to the World Health Organization (WHO) can damage psycho-physiological.

**Keywords:** Noise, Exposure, Sensibility

## INTRODUÇÃO

A construção das sociedades tem vindo a ser orientada, com uma tendência crescente, sobretudo durante as últimas décadas, por princípios de desenvolvimento sustentável. Uma das condições essenciais para alcançar tais objetivos refere-se à capacidade em monitorizar e controlar os impactos resultantes da poluição ambiental.

Uma das mais ressaltantes componentes é a poluição sonora, a qual exhibe uma boa correlação com o grau de incómodo sentido pelas populações e com a sua perceção de bem estar e qualidade de vida (APA, 2011).

A preocupação com o meio ambiente e a sua relação com a saúde não é recente. A poluição sonora tem vindo a tornar-se um problema de grande gravidade, exigindo ações e formas de controlo para minimizar os seus efeitos nocivos. A exposição ao ruído ocupacional no espaço escolar pode trazer prejuízos à saúde auditiva e interferir diretamente no rendimento físico e mental dos alunos e profissionais, diminuindo o rendimento do trabalho e conseqüentemente baixando a produtividade.

Muitos estudos já foram alcançados no sentido de averiguar os efeitos físicos, fisiológicos e psicológicos do ruído sobre o indivíduo, concluindo-se que em alguns contextos de trabalho, os níveis de exposição sonora são muito baixos para provocar danos auditivos, mas são suficientemente altos para afetar os trabalhadores com tarefas de elevada exigência cognitiva, ao nível da concentração, tempo de reação e capacidade de memória. Assim sendo deverão ser considerados os aspetos críticos no que diz respeito ao risco ocupacional (Arezes et al., 2009).

“O ruído pode ser definido como um som desagradável e suscetível de provocar danos na saúde do indivíduo. Devido à clara urbanização e industrialização, seguido do boom de tráfego, o ruído ou som indesejável, transforma-se num fator irritante e omnipresente tanto na vida quotidiana como em ambientes profissionais” (Belojevic et al., 2003).

O ouvido humano é extremamente sensível ao ruído e os efeitos da exposição ao ruído ambiental podem, por vezes, ser muito nocivos para o organismo, não se limitando apenas às perdas auditivas. A exposição prolongada a níveis sonoros elevados pode levar à exaustão física e a alterações químicas, metabólicas e mecânicas do órgão sensorial auditivo ocorrendo, portanto a alterações do ritmo biológico, ocasionando distúrbios na saúde e na qualidade do sono individuais. Como em qualquer outro

estímulo ambiental, existem fortes evidências que os indivíduos diferem na sua sensibilidade ao ruído (Barbosa, 2009).

Vários estudos abordam a influência do ruído ocupacional na saúde dos trabalhadores e os impactos decorrentes da exposição dos mesmos a determinados níveis de pressão sonora. A Legislação Portuguesa considera que exposições acima de 80 dB (A), 8 horas por dia, 5 dias por semana, constituem risco de perda auditiva, não havendo qualquer referência para os efeitos psico-fisiológicos aquando de exposições a níveis de pressão sonora inferiores. Contudo vários estudos apontam que a exposição ao ruído ocupacional a níveis inferiores a 80 dB (A) exerce interferência física e fisiológica sobre a saúde dos trabalhadores, havendo realces da sua influência psicológica, em particular sobre o desempenho cognitivo dos indivíduos, principalmente sobre as tarefas que abarcam a memorização, atenção e concentração (Barbosa, 2009).

As escolas desempenham um papel primordial no desenvolvimento científico, tecnológico e cultural das sociedades modernas. Para os profissionais do ensino, o nível de pressão sonora a que estão expostos tem vindo a aumentar. Acredita-se que os profissionais das escolas, embora na maior parte do tempo não estejam expostos a níveis de pressão sonora elevada capaz de se manifestar em risco de perda auditiva, podem estar sujeitos a níveis de pressão sonora elevada que interfiram no desempenho das suas tarefas, nas suas atitudes, no seu descanso e genericamente na sua saúde.

Alguns destes aspetos, principalmente os referentes aos efeitos do ruído na saúde e às relações exposição/impacte têm vindo a ser abordadas em anos recentes pela Organização Mundial de Saúde (WHO).

Assim sendo, ao longo deste trabalho pretende-se verificar se as tipologias das escolas, a proveniência dos alunos e o comportamento dos alunos nos espaços interiores das mesmas e os níveis de pressão sonora a que os alunos e profissionais estão sujeitos, podem interferir com a sua atividade. Entende-se por tipologia a forma de construção das estruturas dos estabelecimentos escolares. As tipologias utilizadas na caracterização dos estabelecimentos escolares foram classificadas em: “blocos de 1 piso”; “blocos de 2 pisos”; “compacto” ; “compacto com pátio interior” e “compacto com corredores amplos com escadas no topo”. A proveniência dos alunos poderá influenciar o comportamento e as atividades habitualmente desenvolvidas pelos mesmos (como por exemplo, a forma de falar/comunicar, brincadeiras, etc.). A proveniência dos alunos foi classificada em zonas urbanas, rurais e piscatórias.



A presente dissertação encontra-se estruturada em quatro capítulos. Os dois primeiros capítulos reportam-se à revisão bibliográfica sobre a matéria em questão que aborda os aspetos mais significativos que estão relacionados com o tema e os outros dois últimos ao desenvolvimento do trabalho.

Nesta dialética organizacional, após a introdução, definição e objetivos deste estudo, numa abordagem generalizada sobre a temática a apresentar ao longo deste trabalho, no Capítulo I, serão abordados os conteúdos legais sobre a poluição sonora.

No Capítulo II, apresentar-se-á o conceito de ruído e os efeitos do mesmo na saúde dos indivíduos expostos.

Quanto ao Capítulo III, serão divulgados todos os procedimentos metodológicos relativos à implementação do trabalho realizado. Assim sendo, numa primeira abordagem será realizado um enquadramento relativo à amostra, no que se refere à seleção em causa. Seguidamente, apresentar-se-ão os instrumentos de investigação que permitiram a efetivação do estudo nomeadamente, a ficha de caracterização dos estabelecimentos de ensino, a descrição do equipamento de medição dos níveis de pressão sonora, terminando com a alusão ao tratamento estatístico dos dados. Relativamente ao Capítulo IV, este englobará a apresentação dos resultados quantitativos obtidos, através da aplicação dos diferentes instrumentos de investigação, a sua respetiva análise e posterior discussão dos mesmos.

Este trabalho termina com a apresentação da conclusão. Apresentar-se-ão os contributos decorrentes da abordagem da revisão bibliográfica, tendo como referência o desenvolvimento deste estudo (a componente empírica), e serão aludidas as conclusões que merecerem maior relevância, no que respeita à sensibilidade individual do indivíduo, ao nível da exposição sonora.

Por fim, serão apresentadas algumas linhas orientadoras que poderão ser utilizadas para investigações futuras.

## Definição e Objetivos do Estudo

Tendo em conta que nos últimos anos se tem vindo a observar um aumento constante de ruído na sociedade, e sendo as escolas uma parte integrante da sociedade, seguem semelhante tendência. Tal aumento poderá estar associado a um crescente insucesso escolar e ao aumento da agressividade nas escolas, bem como ao aparecimento de problemas psico-fisiológicos.

O presente trabalho centra-se, fundamentalmente, na avaliação dos níveis de ruído encontrados nos espaços comuns interiores dos estabelecimentos de ensino, e nos efeitos que o ruído pode causar ao nível da saúde da comunidade escolar (alunos, pessoal docente e não docente).

Neste âmbito, a concretização, deste trabalho tem como objetivos:

- *Objetivo Geral:* Avaliar os níveis sonoros existentes nos espaços comuns interiores das Escolas do 2.º e 3.º Ciclos do Ensino Básico de parte da Região Centro e estabelecer possíveis relações entre os níveis sonoros encontrados e a, tipologia de construção dos estabelecimentos de ensino e a proveniência da população escolar.

- *Objetivos Específicos:*

- avaliar os níveis sonoros existentes nos espaços comuns interiores (refeitórios e zonas polivalentes interiores) dos estabelecimentos de ensino, abrangidos pelo estudo;

- estabelecer uma possível relação entre os níveis sonoros encontrados e a tipologia das escolas;

- estabelecer uma possível relação entre os níveis sonoros encontrados e a proveniência dos alunos;

- estabelecer uma possível relação entre os níveis sonoros encontrados e a vigilância/controlo dos alunos na entrada e dentro dos refeitórios;

- contribuir para melhorar as condições acústicas dos estabelecimentos de ensino do 2.º e 3.º ciclos.

Informa-se que no decorrer do estudo, houve alterações aos objetivos iniciais propostos, indicados na apresentação da Proposta do Projeto de Dissertação e de Orientação Científica, nomeadamente quanto à avaliação dos níveis sonoros para espaços exteriores (espaços de jogos e recreio), devido às condições climatéricas adversas (nebulosidade e precipitação), que ocorreram durante o período das medições, o que impossibilitou a sua realização.

A variabilidade dos níveis de pressão sonora obtidos durante as medições é significativamente influenciada pelas condições meteorológicas (Heimam, 2003).

Os fatores térmicos influenciam o gradiente vertical de velocidade de propagação sonora e levam à formação de zonas de sombra, em que não entram raios diretos do som e que tornam os níveis de pressão sonora obtidos pouco representativos da situação real (Rosão et al., 2008).

A nebulosidade e a precipitação influenciam a propagação do som, pelo que a realização de medições em condições atmosféricas adversas, falsearia os resultados, a menos que fosse efetuada a correção prevista na NP ISO (1996-2), pela qual não estavam disponíveis recursos para quantificação de parâmetros meteorológicos.

### Questões de Investigação

1. Será que a média de ruído no interior do refeitório não difere nos 5 grupos de tipologias diferentes?
2. Será que não existem diferenças de ruído no interior do refeitório resultantes de vigilância (no interior do refeitório com a vigilância para controle e com assistente operacional na entrada do refeitório)?
3. Será que não existem diferenças do ruído no interior do refeitório e na zona do polivalente interior com a proveniência dos alunos?
4. Será que a área ( $m^2$ ) no interior do refeitório e na zona do polivalente interior influencia o ruído existente?

## CAPÍTULO I

### ÂMBITO E ENQUADRAMENTO LEGAL

A proteção do ambiente tem sido alvo de crescentes preocupações no mundo ocidental, nas últimas décadas. Nos Estados Unidos, observou-se um forte impulso no tratamento das questões ligadas ao ruído, a partir das décadas de 60-70.

Atualmente, a Europa encontra-se na frente do conhecimento e do desenvolvimento tecnológico na área do ruído ambiente. Na última década, os estudos de relações exposição-resposta ao ruído, têm sido realizadas ou despoletadas na Europa pela Organização Mundial de Saúde ou por iniciativa de grupos de trabalho europeus. As mais recentes políticas europeias sobre o ruído têm sido seguidas em diversas áreas do globo, nomeadamente na Ásia e nas Américas (Bento Coelho, 2007).

A Europa tem sido responsável por uma intensa atividade de investigação e de regulamentação sobre ruído ambiente. Nesta área, Portugal foi um País pioneiro ao aprovar em 1987, O Regulamento Geral Sobre o Ruído, que estabeleceu pela primeira vez a nível nacional uma estrutura legal sobre praticamente todas as áreas do ruído ambiente. Esta regulamentação evoluiu posteriormente, tendo culminado com a aprovação, em 2007 do Regulamento Geral do Ruído, face à transposição da Diretiva 2002/49/CE (APA, 2011).

O regime legal sobre poluição sonora, aprovado pelo Decreto-lei n.º 292/2000 de 14 de novembro, redefiniu os princípios e critérios subjacentes àquele, tornando-o mais consentâneo com os objetivos de proteção do ambiente sonoro. Os critérios foram orientados no sentido do planeamento e ordenamento do território e do princípio de ação preventiva. Foram definidos objetivos de zonamentos acústicos e tipologias, “Zonas Sensíveis” e “Zonas Mistas”, com base na vocação dos usos do solo, e estabelecidos valores limite, em consonância com as recomendações da Organização Mundial de Saúde para períodos diurnos e noturnos (Coelho, et al., 2009).

Na sequência de estudos sobre incomodidade resultante do ruído, a Comissão Europeia procedeu à elaboração de uma Diretiva mais abrangente, relativa ao ruído ambiente, sua avaliação e redução, a qual foi aprovada em 2002 (Diretiva 2002/49/CE), este documento, transposto para o direito jurídico dos diversos Estados Membros em anos recentes (em 2006 em Portugal pelo Decreto-lei n.º 146/2006, alterado pelo Decreto-lei n.º 278/2007 de 1 de agosto. Trata-se de um documento de uma importância

crucial não apenas pelos princípios de harmonização de critérios de avaliação e de gestão de ruído que estabelece, mas pela sensibilização que cria nos agentes responsáveis pela geração do ruído, em todo o espaço da União Europeia. Sem estabelecer ou exigir quaisquer valores limite para o ruído, aquele documento define novos indicadores de ruído ambiente e procedimentos para avaliação estratégica e controlo de ruído de diferentes proveniências.

A pretensão da União Europeia de melhorar a exposição ao ruído da sua população levou a que fossem definidos na Diretiva 2002/49/CE, quais os parâmetros limitadores a serem utilizados pelos Estados-Membros, num sentido de harmonização de critérios, sendo esses parâmetros os seguintes:

- Nível Diurno-Entardecer-Noturno ( $L_{den}$ ).
- Nível Noturno ( $L_{noite}$ ).

O  $L_{den}$  corresponde a um parâmetro ponderado que aglutina as 24 horas do dia, e é definido da seguinte forma:

$$L_{den} = 10 \log \left[ \frac{13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}}}{24} \right]$$

Na expressão anterior  $L_d$  corresponde ao Nível Diurno (07h-20h00),  $L_e$  ao Nível Entardecer (20h00-23h00) e  $L_n$  ao Nível Noturno (23h00-07h00), (item 3 da NP ISO1996-1).

Verifica-se assim que o parâmetro  $L_{den}$  pondera o  $L_e$  com mais 5dB e o  $L_n$  com mais 10 dB, o que é representativo do facto do percipiente humano normal exigir menos conforto acústico no período diurno, em que usualmente se está fora de casa, e exigir um pouco mais de conforto acústico no período de entardecer, usualmente se está em casa e exigir ainda mais conforto acústico no período noturno, pois é neste em que se vai dormir e se precisa de sossego para retemperar devidamente o seu corpo e a sua mente numa noite de sono tranquila (Rosão, et al., 2008).

O Regulamento Geral do Ruído Português para além de estabelecer, valores limite apenas para  $L_{den}$  e para  $L_n$ , define atividades ruidosas permanentes, temporárias e zonas de diferentes intensidades de ruído, conforme o preceituado no art.º 3.º, nomeadamente:

- Atividade ruidosa permanente, “atividade desenvolvida com caráter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e serviços”.
- Atividade ruidosa temporária, “atividade que, não constituindo um ato isolado, tenha caráter não permanente e que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espetáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados”.
- Zona sensível “a área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno”.
- Zona mista, “a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível”.

O Regulamento Geral do Ruído estabelece diferentes planos diretores municipais, de acordo com o art.º 6.º em que:

- “Asseguram a qualidade do ambiente sonoro, promovendo a distribuição adequada dos usos do território, tendo em consideração as fontes de ruído existentes e previstas”.
- “Compete aos municípios estabelecer os planos municipais de ordenamento do território a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e mistas”.
- “A classificação de zonas sensíveis e de zonas mistas é realizada na elaboração de novos planos e implica a revisão ou alteração dos planos municipais de ordenamento do território em vigor”.

Sendo da responsabilidade dos municípios a classificação dos espaços quanto ao ruído, foi definido que os mesmos teriam elaborada, no prazo máximo de 2 anos após a

publicação do referido diploma, as Cartas Municipais de Ruído (a elaboração dos mapas de ruído tem em conta a informação acústica adequada, nomeadamente a obtida por técnicas de modelação apropriadas ou por recolha de dados acústicos realizada de acordo com técnicas de medição normalizadas, os mapas de ruído são elaborados para os indicadores L (índice den) e L (índice n) reportados a uma altura de 4 m acima do solo), fundamentais para os níveis de exposição das escolas em termos de ruído ambiente nos espaços de inserção.

## CAPÍTULO II

### 1. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES

Este capítulo tem como questões essenciais, a apresentação da concepção física e fisiológica do ruído. No decorrer do mesmo, apresentar-se-á o conceito e características do som e revelar-se-ão alguns efeitos do ruído sobre a saúde do ser humano.

Se por vezes, o nível de exposição ao ruído não é suficientemente elevado para causar perdas auditivas, por outro lado, as suas consequências podem não ser aparentes, levando a efeitos extra-auditivos, tormentosos ao organismo humano e até mesmo a efeitos a nível psicológico, como por exemplo, a perda de concentração, diminuição do desempenho cognitivo, dificuldades na memorização, etc.

A avaliação da sensibilidade individual ao ruído pode ser efetuada através de um questionário, como por exemplo, a Weinstein's Noise Scale (WNS), elaborada por Weinstein (1978), já vastamente validada e utilizada numa variedade de estudos, tanto de campo, como laboratoriais.

#### 1.2 CONCEÇÃO FÍSICA DO RUÍDO

O Ruído está na origem de um incómodo significativo e desencadeador de trauma auditivo e alterações extra-auditivas.

Do ponto de vista fisiológico o ruído é um fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa (Freitas, 2008).

Segundo o mesmo autor, em termos gerais o ruído é um som incomodativo, desconfortável e, frequentemente, nocivo para o homem. Eliminar o ruído implica, caracterizar a exposição durante o exercício de uma atividade profissional, para avaliar o risco de perda de audição ou de outros desvios de saúde.

Tal caracterização é aplicável a situações de perda de audição, quanto aos postos de trabalho em que o nível de exposição pessoal diária e o valor máximo de pico de nível de pressão sonora possam representar esses riscos. É também aplicável a situações de incomodidade relativamente aos postos situados no interior dos edifícios onde se exerçam atividades que requeiram concentração e sossego (Freitas, 2008).

As ondas sonoras podem transmitir-se da fonte até ao ouvido, tanto diretamente pelo ar, como indiretamente por condução nos materiais – estruturas sólidas, paredes,



pavimentos e tetos, que funcionam como fontes secundárias. Quando o ruído atinge determinados níveis, o aparelho auditivo apresenta uma fadiga que, embora suscetível de recuperação, pode em casos de exposição prolongada a ruído intenso transformar-se em surdez permanente devido a lesões irreversíveis do ouvido interno (Miguel, 2006).

Sob o ponto de vista físico, pode-se definir o ruído como toda a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico. Sob o ponto de vista fisiológico, será todo o fenómeno acústico que causa uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa (Miguel, 2006).

Segundo o mesmo autor, as características principais do ruído são: o nível sonoro e a frequência, ou a composição ou espetro.

### 1.3 DEFINIÇÕES

#### 1.3.1 Nível Sonoro

O nível sonoro relaciona a intensidade sonora de um som com a intensidade sonora do som mais fraco que conseguimos ouvir. A intensidade do som é a qualidade que nos permite caracterizar se um som é forte ou fraco e depende da energia que a onda sonora transfere, é definida fisicamente como a potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície. Qualquer fonte sonora emite uma determinada potência acústica, característica e de valor fixo, relacionada com a saída da mesma. As vibrações sonoras causadas pela fonte têm valores variáveis dependentes de fatores externos, tais como distância e orientação de recetor, variações de temperatura, tipo de local, etc.

#### 1.3.2 Pressão Sonora

A pressão sonora ( $p_p$ ) é como se mede a energia sonora emitida por uma fonte de ruído, expressa em décibéis ou dB (A). É a diferença entre a pressão instantânea do ar na presença de ondas sonoras e a pressão atmosférica. A pressão sonora depende da envolvente acústica.

A intensidade das vibrações sonoras ou das variações de pressão que lhes estão associadas exprimem-se em  $N/m^2$  ou Pascal e designa-se por Pressão Sonora.

A medida de pressão sonora numa escala linear é inexequível, pois inclui cerca de um milhão de unidades. Com efeito, o limiar da audibilidade a 1000 Hz é provocado por uma pressão de  $20\mu$  pascal ( $\mu Pa$ ), enquanto que o limiar da dor ocorre a uma

pressão de 100 pascal. Além do mais, o ouvido não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente (Miguel, 2006). Conforme se observa na figura 1.



Figura 1 – Escala de pressão sonora (Pa) / Nível de pressão sonora (dB)

Fonte: (in Telo, 2006)

Por estes factos, as medidas dos parâmetros acústicos são perpetradas numa escala logarítmica expressas em decibéis (dB). O decíbel é por aceção, o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado e corresponde praticamente à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição (Miguel, 2006).

Na realização das avaliações a aproximação ao comportamento do ouvido humano e sua sensibilidade é obtida através da aplicação de uma correção aos valores lineares obtidos pelo equipamento de monitorização (sonómetro). Essa correção é denominada como filtro (A) e equivale aos valores dos níveis ponderados expressos em dB (A).

Conforme o estabelecido pela norma Portuguesa NP-1730:16, o nível de pressão sonora,  $L_p$ , em decibéis, á dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Em que:

$P$  é o valor eficaz ou RMS (Root Mean Square, ou seja, Raiz quadrada da média aritméticados quadrados) da pressão sonora, em pascal (Pa);

$P_0$  é o valor eficaz da pressão sonora de referência ( $2 \times 10^{-5}$  Pa= 20  $\mu$  Pa).

De forma idêntica se traduz o nível de potência sonora,  $L_w$ , em decibéis:

$$L_w = 10 \log \frac{w^2}{w_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Por vezes utiliza-se o nível de intensidade sonora  $L_I$ , do mesmo modo, cuja expressão é:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Em que:

$I$  é o valor eficaz da intensidade sonora em  $\text{watt.m}^2$ ;

$I_0$  é o valor eficaz da intensidade sonora de referência ( $10^{-12} \text{W.m}^{-2}$ ).

A intensidade sonora ( $I$ ) é definida fisicamente como a potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície.  $I = \frac{P}{A}$

Ainda Miguel (2006), refere que na maioria dos casos, o nível sonoro varia com o tempo, sendo necessário especificar uma relação entre o nível e a sua duração. Tal objetivo é conseguido através do nível sonoro contínuo equivalente, que representa um nível sonoro constante que, se estivesse presente durante todo o tempo de exposição, iria produzir os mesmos efeitos, em termos de energia, que o nível variável. A determinação acerca da tolerabilidade para uma exposição de curta duração a ruídos contínuos depende da forma como se estima que o ouvido faz a integração da quantidade de ruído recebido num determinado intervalo de tempo.

A NP 1730:1996, considera a seguinte expressão para o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, num determinado intervalo de tempo  $T$ , com início em  $t_1$  e fim em  $t_2$ :

$$L_{A,eq} T = 10 \log \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right)$$

$$L_{A,eq} = 10 \times \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Onde,  $T = \sum t_i$

### 1.3.3 Frequência e Espetro

A frequência é a quantidade de ciclos completos, “vibrações” de uma onda sonora num período de 1 segundo, expressa em Hertz, que constitui o parâmetro mais importante para descrever um sinal sonoro, depois do nível de pressão sonora. O conhecimento da frequência permite distinguir um som agudo de um som grave.

A frequência do som equivale ao número de variações de pressão por segundo e exprime-se em hertz (Hz) ou ciclos por segundo (Freitas, 2008).

$$f = \frac{1}{T}$$

Em que:

F é a frequência em Hertz;

T é o período em segundos.

O comprimento da onda exprime a distância entre dois pontos consecutivos de pressão máxima. A frequência integra a repetição no tempo e o comprimento da onda a repetição no espaço.

Para se ter uma informação correta da composição do ruído, é necessário determinar o nível sonoro para cada frequência.

Este tipo de análise tem por nome a análise espectral ou análise por frequência e costuma ser arquitetada graficamente num sistema de eixos, onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas. A escala de frequências é habitualmente dividida em três grupos, conforme a figura 2:

- infra-sons;
- gama de frequências audível;
- ultra-sons.



Figura 2 - Espetro de frequências sonoras.

Fonte: (in Telo, 2006)

A variação de frequências equivale quer a diferentes sons, na gama de frequências audíveis quer a diferentes comprimentos de onda, conforme se pode constatar nas figuras 3, 4, 5 e 6.

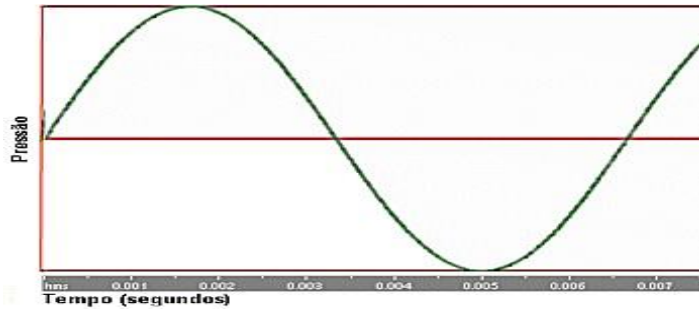


Figura 3 - Representação da onda sonora correspondente a um som grave de 150 Hz

Fonte: Teses, 2013

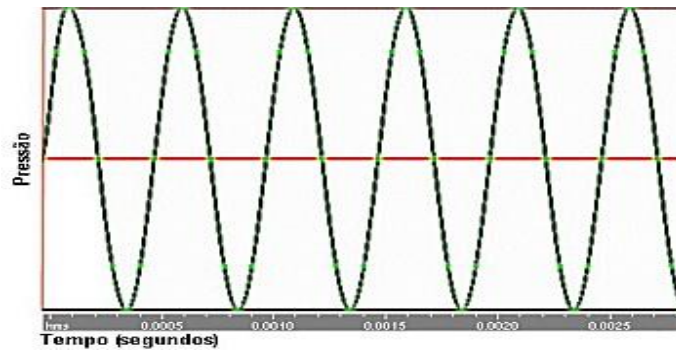


Figura 4 - Representação da onda sonora correspondente a um som agudo de 2000 Hz

Fonte: Teses, 2013

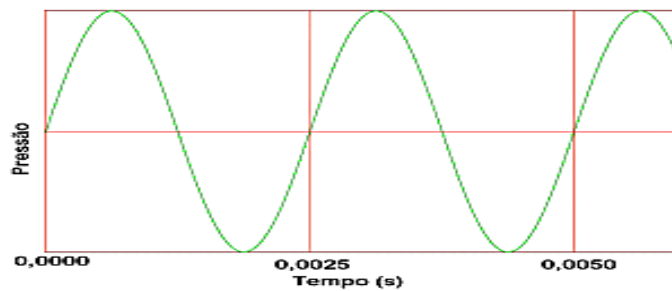


Figura 5 - Representação da onda sonora correspondente a um som fraco de 400 Hz

Fonte: Teses, 2013

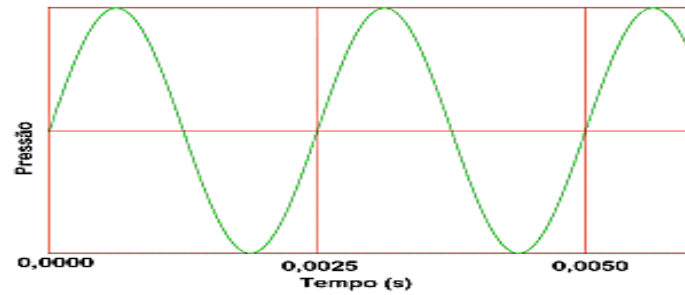


Figura 6 - Representação da onda sonora correspondente a um som forte de 400 Hz

Fonte: Teses, 2013

Ainda em termos de caracterização das ondas sonoras, o harmônico de uma onda é uma frequência componente do sinal que é um múltiplo inteiro da frequência fundamental, pelo que frequências iguais podem corresponder a diferentes sons. Tal característica permite a composição de diferentes sons e tonalidades como, por exemplo, as que resultam dos instrumentos musicais cuja panóplia de intensidades proporciona momentos de prazer e relaxamento.

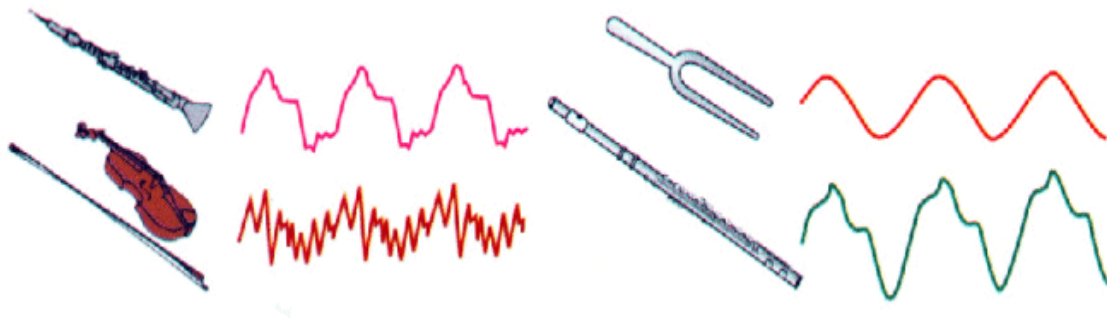


Figura 7 - Sons com a mesma frequência fundamental mas harmônicos diferentes.

Fonte: Teses, 2013

Tal como anteriormente referido o ouvido humano apenas tem perceção para os sons onde a frequência está compreendida entre 20 Hz e 20 000 Hz que é a gama audível.

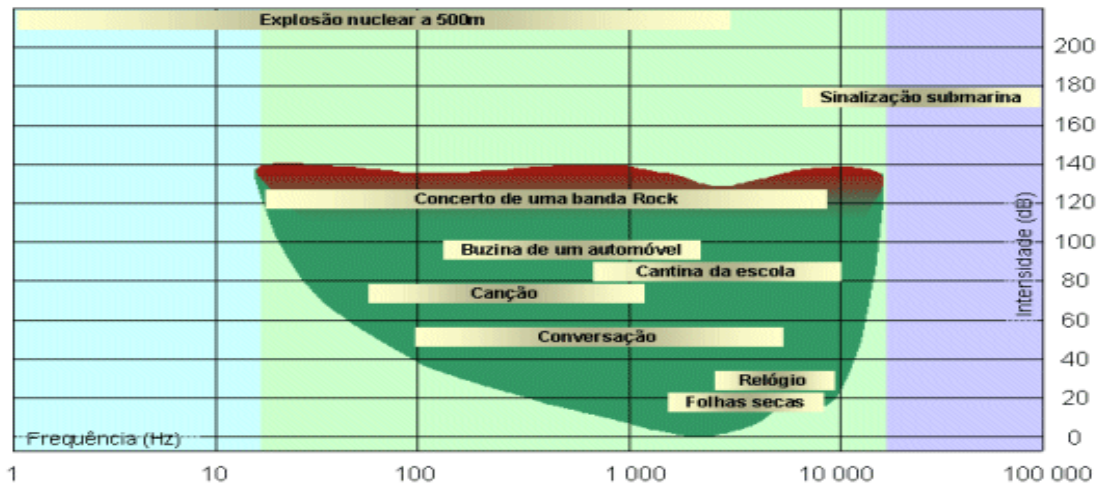


Figura 8 - Curva de sensibilidade do ouvido humano

Fonte: Teses, 2013

A gama audível inclui os sons cujas frequências vão de 20 a 20 000 Hz e, é capaz de gerar reação ao nível da audição humana. Abaixo de 20 Hz situam-se os infra-sons, e acima de 20 000 Hz os ultra-sons ( Miguel, 2006). Conforme o representado na figura 8.

O mesmo autor refere que gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designados por filtros de oitava. Cada oitava, está subdividida em 3 grupos de terços de oitava. A designação de cada oitava corresponde à sua frequência central  $f_c$ , que é o dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequências limite. Na mesma oitava, a frequência limite superior  $f_L$  é dupla da frequência limite inferior  $f_l$ .



## 1.4 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO

O aparelho auditivo humano é composto por três partes essenciais: o ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (conforme figura 9).

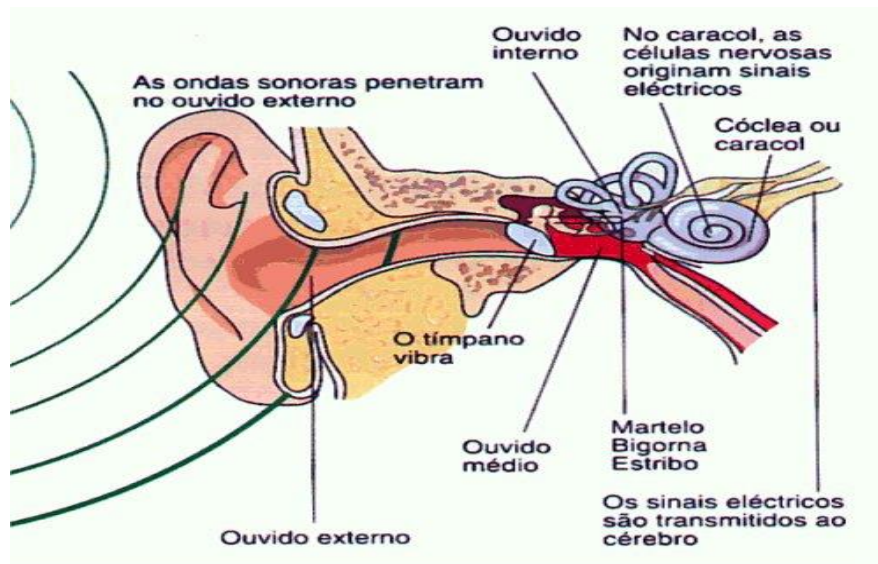


Figura 9 - Anatomia do ouvido humano (cortesia da Bilson International Ltd.)

Sob o ponto de vista funcional, o ouvido externo e o ouvido médio estão associados com vista à recepção dos sons e transformação de energia acústica em energia mecânica. O ouvido interno decompõe esta energia numa série de impulsos nervosos que vão conceber os fenómenos acústicos (Miguel, 2006). O ouvido interno transforma os sinais acústicos em impulsos nervosos, encontra-se fechado numa cápsula óssea denominada por labirinto ósseo. O ouvido interno também é um sistema complexo de canais preenchidos por um líquido (perilíngua) e pode dividir-se em dois sistemas: a cóclea ou caracol. A cóclea é um órgão recetor de sons, tendo a forma de um canal de paredes ósseas envolvido na forma de espiral (Freitas, 2008 e Miguel, 2006)

O ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo, tendo este último no adulto um comprimento médio de 2,5 cm. Capta as vibrações do ar e concentra-as em direção ao canal auditivo, que termina no tímpano, onde as vibrações mecânicas são transformadas em impulsos nervosos, que chegam ao cérebro transportados pelo canal auditivo (Freitas, 2008).



O pavilhão auricular (com exceção do lóbulo da orelha) é constituído por uma cartilagem elástica recoberta pela pele e fixado por ligamentos e músculos e pela continuidade com a cartilagem do canal auditivo externo.

O canal auditivo externo é constituído no seu terço externo pela continuação da cartilagem do pavilhão auricular e nos seus outros dois terços internos pelas porções timpânica e escamosa do osso temporal. Está coberto por uma pele espessa ao nível do terço externo, contendo numerosos folículos pilosos, glândulas sebáceas e ceruminosas.

O ouvido médio estabelece a ligação entre o ouvido externo e o interno. É composto pela membrana do tímpano, que separa o ouvido médio do ouvido externo, e pela cavidade do ouvido médio e seu conteúdo (ossículos-martelo, bigorna e estribo). O estribo liga-se à membrana que separa o ouvido médio do ouvido interno que é designada por janela oval (Miguel, 2006).

O ouvido médio é composto por dois músculos que atuam no martelo (tensor tympani) e no estribo (stapedius), contraindo-se quando expostos a níveis sonoros elevados. A sua ação tem como função reduzir a amplitude do movimento dos ossículos, limitando a intensidade sonora transmitida ao ouvido interno.

A trompa de eustáquio liga o ouvido médio à nasofaringe e ao exterior. No estado normal, a pressão do ar no ouvido médio carece de ser igual à pressão atmosférica ambiente, a trompa de eustáquio, que normalmente se encontra fechada, abre após a deglutição, para permitir um equilíbrio de pressões entre ambas as faces da membrana do tímpano.

Os sons agudos provocam ondas que atingem o máximo de vibração na base da cóclea, enquanto que os sons graves atingem o máximo no seu topo. Em síntese, uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno pela janela oval.

### **1.5 VIAS AUDITIVAS**

Os impulsos nervosos que são produzidos pelas ondas sonoras viajam pelo nervo auditivo até ao cérebro, entrando na medula e sofrem duas sinapses ou conexões nervosas para a esfera auditiva do córtex cerebral, onde se encontram os impulsos nervosos. O cérebro agrega estes impulsos numa impressão de som. Nas duas sinapses citadas, as fibras vão para toda a esfera consciente do córtex cerebral, por forma a que a agitação do sistema pelos sinais acústicos, leve a induzir o alarme por toda a

consciência do indivíduo, causando alteração no sono, reduzindo a concentração. Este tipo de alarme tem um papel primordial de alerta no ser humano, dando-lhe a oportunidade de interpretar o som e reagir (Grandjean, 2008).

Refere ainda (Grandjean, 2008) que a audição consciente é um fenómeno do cérebro, mais precisamente do córtex cerebral. O ouvido interno e a via auditiva não são mais do que um mecanismo de transmissão entre o som atmosférico e a percepção consciente do cérebro.

As principais funções da audição são:

1. Transmitir a informação específica como uma base para a comunicação entre os seres humanos.
2. Sistema de alarme com ativação das vias secundárias até ao cérebro, tendo um papel essencial para acordar, aumentar o estado de alerta e de alarme.

### 1.6 AUDIBILIDADE

Dada a estrutura do nosso aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição, reagimos de forma diversa aos sons de diferentes frequências. Não obstante a um mesmo nível de pressão sonora, essa capacidade de receção e interpretação constitui a audibilidade.

Segundo Miguel (2006), “o nível de audibilidade é medido em fones (**F**) e corresponde, por definição, ao nível de pressão sonora de um som com uma frequência de 1000 Hz. A unidade de intensidade audível é o sone (**S**), sendo definido como a intensidade audível de um estímulo sonoro com a frequência de 1000 Hz e um nível de pressão de 40 dB”. A relação existente entre estas duas grandezas é a seguinte:

$$S = 2^{\frac{F-40}{10}}$$

Assim, uma alteração de 10 fones num nível de intensidade audível corresponde a duplicar ou reduzir a metade, essa intensidade.

Experimentalmente é possível estabelecer linhas isofónicas ou de nível de audibilidade a partir do estudo estatístico das variações na sensação sonora experimentada por um elevado número de indivíduos jovens com audição normal.

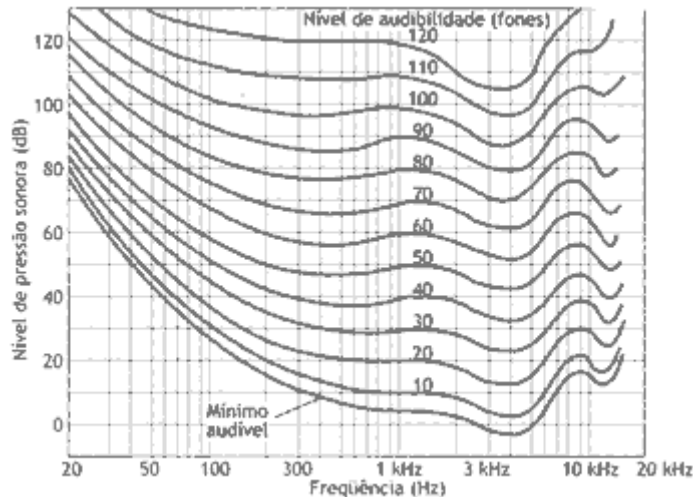


Figura 10 - Curva de mesmo nível de audibilidade ou curvas de Fletcher e Munson

Fonte: Bistafa

Tal como se constata na figura 10, em que se representa a variação das curvas do mesmo nível de audibilidade (isoaudíveis) para diferentes frequências, à medida que a intensidade da pressão sonora aumenta, as curvas tendem a um achatamento até que seja atingido um grau de incomodidade que corresponde ao limiar da dor. Próximo desse limiar, as linhas encontram-se praticamente achatadas e, por isso, os tons de diferentes frequências tendem a ter o mesmo loudness (ou audibilidade). A audibilidade é o estudo de como o nosso ouvido recebe e interpreta as flutuações da pressão sonora associada às variações de frequência. Com este estudo das curvas isoaudíveis, pode-se quantificar as relações entre frequência e loudness. Essa frequência de 1.000 Hz ficou a ser um valor de referência para os contornos da mesma amplitude, que passaram a ser expressos em fones. Tal como citado no ponto 1.3.2., a percepção complexa do ouvido humano é corrigido pela curva de ponderação (A). O seu valor é expresso em dB (A).

Como exemplo, um som com a frequência de 1000 Hz e um nível sonoro de 70 dB terá um nível de audibilidade de 70 fones, enquanto que os mesmos 70 dB a 63 Hz correspondem somente a 56 fones. O limiar da sensação dolorosa é de cerca de 120 fones. A maior sensibilidade auditiva situa-se entre 250 e 5000 Hz (Miguel, 2006).

Existem vários tipos de filtros normalizados que obedecem de uma forma não linear, às diferentes frequências, designando-se por filtros de ponderação (A,B,C,D). A figura 11 mostra que a malha mais importante ao nível de ruído ambiente é a malha de ponderação A, que exprime aproximadamente a resposta do ouvido humano. Os valores das medições feitas através da malha de ponderação A, são seguidos pela designação decibel A, dB(A).

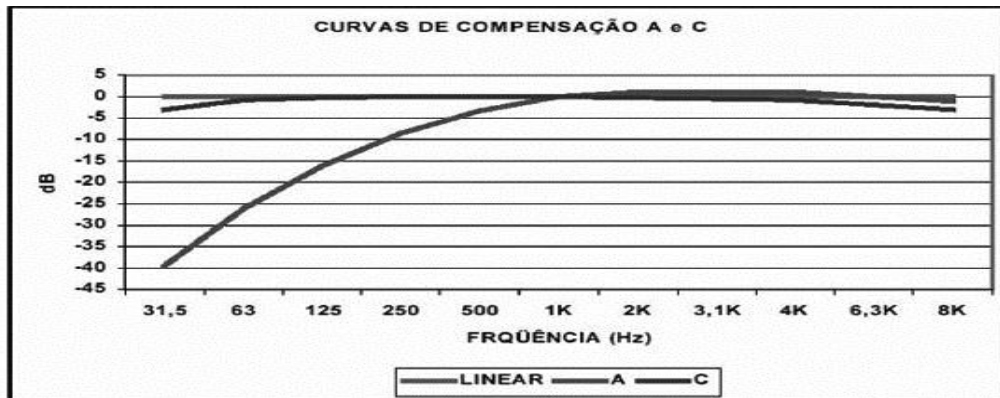


Figura 11 - Comparação entre as curvas de ponderação A e C

Fonte: Adaptado de Everest (2001)

Os diferentes filtros de ponderação permitem atenuações específicas para as várias frequências sendo utilizados em condições correspondentes ao ruído a avaliar. A malha de ponderação A segue a isofónica de 40 (pressão baixa), podendo as outras curvas ser usadas de acordo com os níveis de pressão (B para pressões moderadas e C para pressões elevadas). Quando o nível de pressão sonora é medido com a correção de curva “A”, é denominado dB (A).

Frequência central de oitava, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuação (filtro A), dB	- 26,2	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	-1,1
Atenuação (filtro C), dB	- 0,8	- 0,2	0	0	0	- 0,2	- 0,8	3,0

Tabela 1 - Filtros de ponderação A e C e respetivas características

Os filtros A e C são conseqüentemente os mais utilizados, correspondendo às atenuações de acordo com o indicado na tabela 1.

### 1.7 TIPOS DE RUÍDO

Um ruído pode ser descrito pelo seu espectro de frequências, pelas variações de nível com o tempo e pelas características do campo sonoro.

O espectro de ruído pode ser contínuo ou com sons puros audíveis.

Quanto à dependência do tempo, o ruído pode classificar-se em estacionário ou uniforme (com flutuações de nível mínimas durante o período de observação) e não estacionário (com um nível variando significativamente durante o período de observação). O ruído é estacionário ou uniforme quando a diferença entre os valores máximo e mínimo de  $L_{PA}$ , medidos com utilização da característica de resposta lenta de ponderação, for inferior a 5 dB (A), durante o período de observação (Miguel, 2006).

Segundo o mesmo autor, o ruído não estacionário ou variável pode ser subdividido em três tipos: flutuante (com um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação), intermitente (com um nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes, durante o período de observação, mantendo-se constante durante um tempo de aproximadamente 1s ou superior) e impulsivo (consistindo em um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 2 s e separados por mais de 0,2 s). Pode-se afirmar que se verifica a condição de ruído impulsivo, quando a diferença entre o pico do nível de pressão sonora (valor máximo da pressão sonora, expresso em dB),  $L_{PICO}$ , e o nível sonoro contínuo equivalente,  $L_{Aeq}$ , T, ponderado A, medidos num intervalo de tempo representativo de duração superior a 5 minutos, é igual ou superior a 20 dB.

Refere Miguel (2006), que o ruído impulsivo pode por sua vez classificar-se em impulso isolado de energia e impulso estável.

As características do campo sonoro (zona do espaço onde existem ondas sonoras, pressão sonora, velocidade das partículas e relação de fase, descrevem o comportamento das ondas sonoras no tempo e no espaço) permitem a seguinte classificação:

- Campo livre - campo sonoro numa área afastada de superfícies refletoras.
- Campo reverberante - porção do campo sonoro num recinto de ensaio em que a influência do som emitido diretamente pela fonte é desprezável.
- Campo semi-reverberante - campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfícies moderadamente refletoras.

- Campo divergente hemisféricamente - campo sonoro de uma fonte omnidirecional que está situada próximo de uma superfície refletora rígida (geralmente o solo, mas livre de outras obstruções).

### 1.8 MEDIÇÃO DO RUÍDO

Existem várias razões pelas quais se procede à medição do ruído, sendo as mais frequentes:

- Determinar se os níveis sonoros são suscetíveis de provocar dano auditivo ou deterioração do ambiente.
- Determinar a radiação sonora do equipamento.
- Obter dados para diagnóstico (como exemplo, planos para a redução do ruído).

O aparelho que geralmente se utiliza para a medição do nível de ruído é o sonómetro. Existe uma grande variedade de sonómetros desde os que dão apenas valores aproximados de níveis sonoros, passando por sonómetros, com filtros de ponderação (A, B, C e D), resposta a impulsos, até sonómetros que indicam o nível sonoro contínuo equivalente. O sonómetro pode ser acoplado a um analisador de frequências (filtro de oitavas ou de terços de oitava), se se pretender efetuar uma determinação do espectro do ruído.

Segundo Miguel (2006), quase todos os aparelhos de medição do nível de ruído, apresentam várias constantes de tempo, sendo as mais utilizadas as seguintes:

- Slow (resposta lenta), com elevado amortecimento e um tempo de integração de aproximadamente, 1 s.
- Fast (resposta rápida), com um amortecimento pequeno e um tempo de integração de 125 ms.
- Impulse (impulso), com um tempo de subida muito rápido e um tempo de descida amortecido de 35 ms.
- Peak (pico), com um tempo de subida muito rápido e sem tempo de descida.

### 1.9 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO

“O ruído pode afetar o organismo humano de diferentes formas, provocando consequências que podem comprometer a integridade física e psicológica do indivíduo a ele exposto. Do ponto de vista fisiológico, será todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa” (Miguel, 2006). Segundo Dodd (2000), poder-se-á estabelecer uma distinção entre ruído “razoável”, “insensato” e “excessivo”, em função do grau de esforço exigido aos indivíduos expostos para torná-lo apenas “audível”. Telo (2006) menciona a definição da CEE (Comunidade Económica Europeia) (1997): “...Considera-se ruído o conjunto de sons suscetíveis de adquirir para o Homem um carácter afetivo desagradável e/ou intolerável, devido sobretudo aos incómodos, à fadiga, à perturbação e não à dor que podem produzir”. Kyter (1985) define ruído em termos dos efeitos que produz nos indivíduos como sendo “toda a energia acústica audível que afeta negativamente o bem-estar fisiológico ou psicológico das pessoas a ele expostas”.

#### 1.9.1 Acção do Ruído Sobre o Organismo em Geral

Os efeitos nocivos sobre o organismo podem ser divididos em fisiológicos e psicológicos. Quanto aos efeitos fisiológicos, verifica-se que o ruído lesa, não só o sistema auditivo, mas também as diferentes funções orgânicas. Assim contribui para distúrbios gastrointestinais e distúrbios relacionados com o sistema nervoso central (como por exemplo, dificuldade em falar, problemas sensoriais caracterizados pela diminuição da memória).

A figura 12 mostra como um ruído súbito e intenso acelera o pulso, eleva a pressão arterial, contrai os vasos sanguíneos e os músculos do estômago.

O equilíbrio psicológico das pessoas pode ser alterado pelo ruído. Um local de permanência ou ruidoso converge no sentido de aumentar as tensões a que o indivíduo está normalmente sujeito. Pode originar irritabilidade em pessoas normalmente tensas e agravar os seus estados de angústia em pessoas predispostas a depressões (Miguel, 2006).

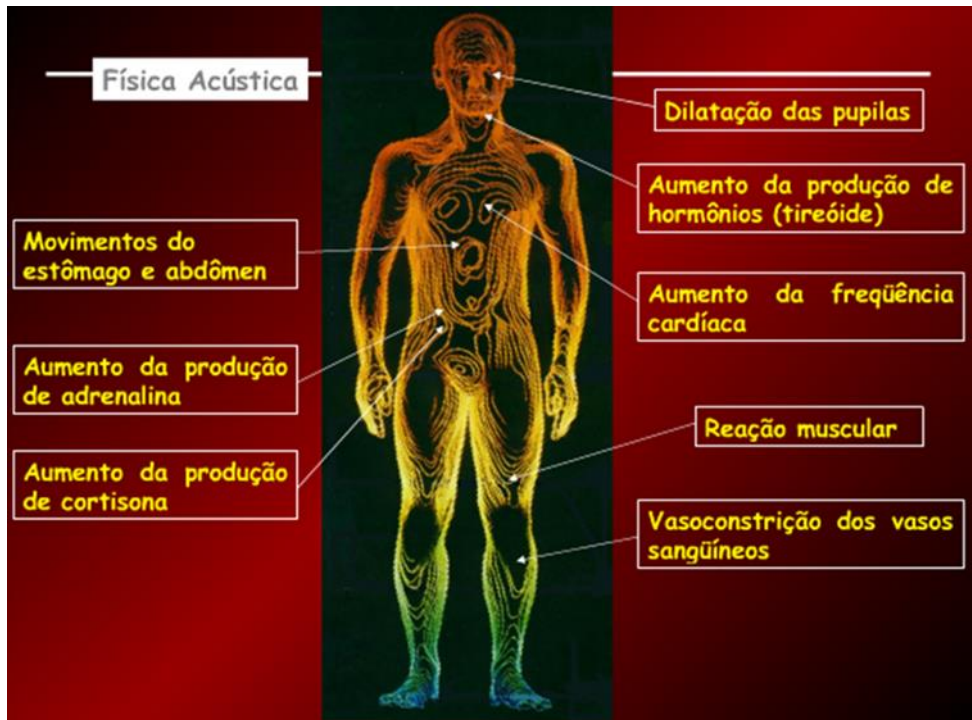


Figura 12 – Efeitos fisiológicos do ruído no organismo

Fonte: Brandalise, 2013

### 1.9.2 O Ruído Como Fator de Alteração do Comportamento Individual

As consequências mais manifestadas da exposição a níveis elevados de ruído são os problemas auditivos. Todas as informações auditivas são captadas pela orelha e processadas no ouvido e a interpretação do som é um fenômeno que se completa no cérebro. Todo o tipo de alteração fisiológica significa perda das suas capacidades funcionais, com conseqüente decréscimo na capacidade de interpretação sonora pelo cérebro (Barbosa, 2009). O ruído estabelece uma causa de incômodo para o trabalho, um obstáculo às fontes verbais e sonoras, podendo provocar fadiga e em situações extremas, trauma auditivo, e alterações fisiológicas extra-auditivas (Miguel, 2006).

Segundo vários autores, os efeitos do ruído ambiental podem afetar o organismo humano de forma direta ou indireta, analisando para o efeito a frequência, a intensidade, a duração e a suscetibilidade individual, às quais o ser humano se encontra exposto (Barbosa, 2009, Carmo, 1999).

No relatório da OMS (1999), foram citados alguns efeitos observados nos seres humanos decorrentes da exposição ao ruído, tais como fadiga, nervosismo, reações de



stress, falta de memória, ansiedade, cansaço, irritação, problemas nas relações humanas, entre outros.

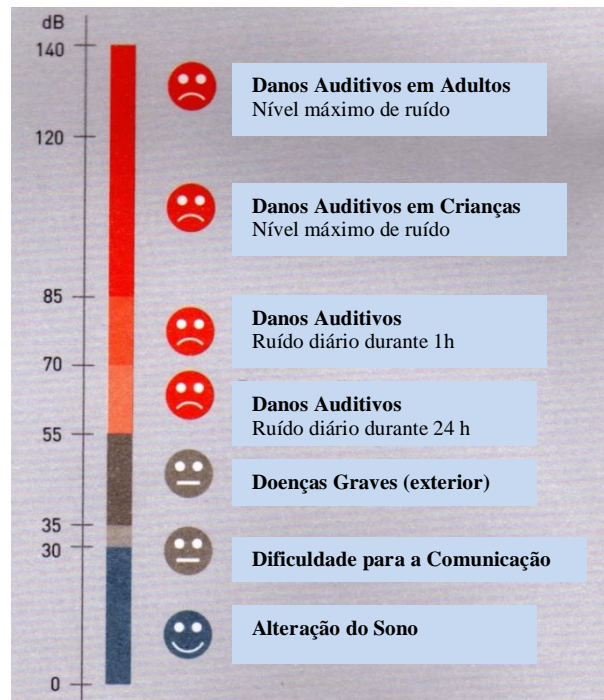


Figura 13 - Efeitos críticos causados pelo ruído

Fonte: Organização Mundial de Saúde, 1999

A exposição sucessiva ao ruído interfere na comunicação, podendo causar problemas à saúde e gerar sinais patológicos, tais como, perda de atenção, fadiga, irritabilidade, dores de cabeça, aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial, vasoconstrição periférica, aumento da secreção e da mobilidade gástrica, contração muscular, entre outros, quer para o cidadão comum quer para grupos profissionais mais expostos ao ruído (Barbosa, 2009).

Diante da exposição ao ruído, os seres humanos não são normalmente recetores passivos e podem desenvolver mecanismos para reduzir o impacto dessa exposição. Se os indivíduos não gostam do ruído, podem atuar por forma a evitá-lo, afastando-se, ou não sendo possível o afastamento desenvolver estratégias para acautelá-lo. A percepção do controlo da fonte do ruído pode diminuir a iminência do ruído e da crença de que este pode ser prejudicial.

**1.9.3 Risco de Perda Auditiva**

A perda auditiva é definida como um aumento do limiar da audição e avaliada pelo limiar audiométrico (Eniz, 2004). Segundo Barbosa, (2009), os indivíduos atingidos pela surdez são afastados das experiências sonoras, ao ponto de ficarem totalmente isolados do mundo dos sons. Já a nível intelectual, ficam privados da modalidade primária no processo de inter-relações, o que lhes causa frustrações e insucessos em áreas sociais, ocupacionais e emocionais. O risco de surdez permanente varia consoante a intensidade e o tempo de exposição, que segundo a NP n.º 1733:1981, pode-se distribuir de acordo com a configuração da tabela 2. Sob o ponto de vista quantitativo, um som é prejudicial ao indivíduo quando adquire um nível de pressão sonora de 70 dB (A).

Nível sonoro contínuo equivalente dB (A)	Anos de exposição									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

**Tabela 2 - Risco de perda de audição, devida exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição**

Fonte: Adaptado segundo a Norma Portuguesa NP-1733:1981

**1.9.4 Efeitos Psicológicos Causados Pelo Ruído**

Apesar de existir uma influência física e fisiológica, a exposição ao ruído ocupacional pode conceber uma influência psicológica sobre o trabalhador em especial no seu desempenho cognitivo. Em certas situações de trabalho, os níveis de exposição ao ruído não são suficientemente altos para dar origem a perdas auditivas, mas podem afetar os trabalhadores em exigências cognitivas tais como a concentração, capacidades

de memória, velocidade de reação, pelo que devem ser considerados aspetos críticos no que diz respeito aos riscos ocupacionais (Arezes et al.,2009).

A problemática do ruído deve ser encarada, não só no que diz respeito a exposições a fontes conscientemente identificadas (indústrias, equipamentos, situações pontuais) em termos de exposições a ruído industrial, ou ao ruído ambiente, mas também na comunidade em geral, dado que estamos permanentemente expostos ao ruído, de forma inconsciente, mas que na totalidade e em contínuo, alteram o comportamento e relacionamento dos indivíduos, bem como o seu estado psicofisiológico.

### **1.9.5 Efeitos do Ruído Sobre a Atenção, Concentração e Desempenho Cognitivo**

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2006), refere que um nível de ruído inferior ao que causa perda auditiva pode ter outros efeitos na saúde, além dos que afetam a audição, se interferir permanentemente com o sono e o descanso, perturbar a comunicação e a inteligibilidade da fala ou intervir com tarefas mentais que exigem um elevado grau de atenção e concentração. O ruído é uma influência negativa sobre a capacidade de concentração na realização de tarefas que pressupõem atenção sobre o desempenho das mesmas (Smith, 1991).

Segundo Eniz (2004), os estudos sobre os efeitos do ruído no desempenho revelam que o ruído pode dar origem a um decréscimo no desempenho, sendo os seus efeitos dependentes do tipo de ruído e da tarefa que está a ser realizada.

Cita a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2005), que as condições físicas do trabalho no qual se inclui a atividade escolar formam uma fonte de stress para os trabalhadores e restantes indivíduos expostos, designadamente: a natureza do ruído, compreendendo o volume, o tom e a previsibilidade; a complexidade da tarefa a executar, como por exemplo, o ruído resultante da conversa de outras pessoas pode constituir um fator de stress quando as tarefas a desempenhar requerem concentração (por exemplo, os músicos podem sofrer de stress relacionado com o trabalho, em resultado da sua preocupação com a perda de audição); para os próprios trabalhadores, bem como para a própria população escolar determinados níveis de ruído podem em determinadas situações contribuir para um estado de stress, em especial quando a pessoa está cansada e ser perfeitamente seguro noutras circunstâncias.

As diferenças individuais da sensibilidade ao ruído são grandes e podem variar consoante as situações (Barbosa, 2009). Evans & Lepore (1993) mencionam que embora as mudanças no comportamento social, tais como desânimo e agressividade, se encontrem associadas com a exposição ao ruído, a exposição por si só não é suficiente para ocasionar agressão, mas a combinação com a provocação ou hostilidade pré-existente, pode dar origem a esse processo.

Um grande número de evidências mostram que o ruído acima dos 80 dB está relacionado com o comportamento agressivo, nervosismo e irritabilidade.

### **1.9.6 Efeitos do Ruído no Entendimento da Fala**

A sensibilidade do ouvido a um som particular, como por exemplo, a voz de um colega, torna-se cada vez menor, com o aumento do ruído ambiente. A capacidade de identificar um som em particular, depende do limiar de audição, que aumenta linearmente, com a intensidade do som até 80 dB. No que diz respeito à fala humana, não é suficiente ouvir, requer uma capacidade especial de discriminação no ouvido. Um fator crítico é a audição correta das consoantes que são os sons mais macios do que as vogais, porque são faladas com menos energia e são mais facilmente mascaradas pelo som ambiente (Grandjean et al., 2008). Segundo os mesmos, a compreensão da fala numa sala de trabalho, depende da altura da voz do palestrante e do nível de ruído de fundo. A compreensão da fala é considerada intacta enquanto o nível de ruído de fundo for 10 dB abaixo do nível de voz do palestrante.

### **1.9.7 Outros Efeitos do Ruído**

Segundo Miguel (2006), o ruído está na origem de dificuldades na transmissão e na receção da mensagem oral, redução da inteligibilidade e efeito de máscara. Este efeito resulta da sobreposição na linguagem das bandas de frequência contidas no ruído, sobretudo as que se encontram situadas entre 500 e 3000 Hz, que são importantes para a inteligibilidade. Em certos tipos de atividade o ruído pode influenciar negativamente a produtividade e a qualidade do produto. A irritabilidade e a fadiga geral que o ruído pode provocar são fatores diretamente ligados à ocorrência de acidentes.

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2005), chama a atenção para o facto de: o ruído poder dar origem a acidentes, na medida em que

dificulta a audição e adequada compreensão, por parte dos trabalhadores, de instruções e sinais; sobrepõe-se ao som de aproximação do perigo ou de sinais de alerta (como por exemplo, sinais sonoros de marcha-atrás dos veículos); distrai os trabalhadores, nomeadamente os condutores, contribui para o stress que aumenta a carga cognitiva e desta forma agrava a probabilidade de erros.

Miguel (2006) refere que o ruído em comunidades é altamente indesejável principalmente em zonas residênciais, junto de escolas, hospitais, etc.. Particularmente importante é a sua interferência com o som e conseqüente afetação da saúde física e mental.

### **1.9.8 O Ruído e a Sensibilidade Individual**

O termo “sensibilidade ao ruído” é muitas vezes utilizado em diversas áreas de investigação do ruído. Por sua vez, ele pode ser usado para descrever diversos efeitos e avaliado de diversas formas. Em inquéritos sobre ruído, a sensibilidade ao ruído refere-se ao facto de que os indivíduos diferem no incómodo produzido por diferentes fontes de ruído. Esta sensibilidade pode ser vista como uma variável independente e estar diretamente relacionada com os seus resultados, tais como o estado de saúde, ou ser reconhecida como um fator que altera os efeitos da exposição ao ruído sobre o resultado mensurado (Smith, 2003 e Barbosa, 2009).

Os indivíduos reagem de forma desigual a diferentes níveis de ruído. Aproximadamente 1 em cada 5 indivíduos é extremamente sensível a perturbações sonoras moderadamente fortes (Luz, 2005).

Muitos estudos têm demonstrado a relação entre as reações negativas (como por exemplo, insatisfação, aborrecimento e efeitos na saúde) e o nível de exposição sonora. Pese embora que o nível da exposição sonora não pode ser a principal causa destas reações, dado que os indivíduos reagem de forma diferente às mesmas condições acústicas (Barbosa, 2009).

### 1.10 O RUÍDO EM ESPAÇO ESCOLAR

No ambiente escolar, o ruído não é apenas um incômodo pessoal, pois interfere no processo de ensino-aprendizagem, condicionando o seu sucesso e afetando os seus agentes (pessoal docente, não docente e alunos). Há já muitos anos, algumas pesquisas foram realizadas relativamente à presença de ruído nas escolas. O ambiente escolar, destinado à produção cultural e formação do cidadão, pode por vezes, tornar-se num ambiente ruidoso pelas próprias atividades de alunos e docentes (Barbosa, 2009).

Dado que o ruído afeta a comunicação, torna-se necessário referenciar algumas fontes de ruído nos espaços comuns interiores das escolas, bem como a interferência de algumas condições acústicas na percepção da linguagem, tais como reverberação do som e inteligibilidade da fala.

A acústica por definição é a ciência que se dedica ao estudo dos sons. Ao analisar a acústica de um determinado espaço, nesta situação concreta os espaços interiores comuns (refeitório e zona do polivalente interior), avaliam-se os sons presentes e a forma como é efetuada a comunicação entre as pessoas. As fontes de ruído nestes espaços, podem ser classificadas em fontes externas, que correspondem aos ruídos externos às escolas, normalmente originados pelo tráfego de veículos e aviões, bem como os ruídos oriundos de estabelecimentos próximos às escolas (bares, construção civil, buzinas, hospitais, etc.).

Este tipo de ruído de fundo pode ser evitado com o isolamento acústico dos espaços interiores (construção de paredes, janelas, portas e tetos isolantes) (Fernandes, 2006). Refere ainda o mesmo autor que quando o som se propaga dentro de um determinado ambiente, ao encontrar um obstáculo (como por exemplo, uma parede), reflete-se voltando para o mesmo ambiente. As múltiplas reflexões do som num ambiente originam reverberação, que é um tipo de prolongamento de sons, muito comum em igrejas e grandes espaços.

Ainda o mesmo autor, identifica como fatores responsáveis pela reverberação num determinado ambiente, o índice de reflexão das superfícies do ambiente (paredes, tetos, pavimento), ou seja, quanto mais dura a superfície maior a reflexão. Sendo assim, os materiais como o mármore, vidro, etc., são muito reflexivos, enquanto que os materiais macios e porosos como carpete, algodão, lã de vidro, cortiça, tapetes, cortinas grossas, etc., são muito absorventes; e o volume do ambiente, pois quanto maiores

forem as distâncias entre as superfícies, maior será o atraso do som e maior será a reverberação.

No ambiente escolar, o ruído não é apenas um incómodo, mas interfere no rendimento das atividades de ensino.

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS) é prioritário identificar as necessidades dos grupos vulneráveis e oferecer orientações técnicas e políticas para proteger a saúde desses grupos. Sendo assim, exigiu-se que as crianças fossem protegidas contra a exposição a ruídos nocivos em casa e na escola, tendo desde 2002, obrigado os Estados Membros Europeus a estabelecer um plano de ação para controlar e reduzir os efeitos nefastos da exposição ao ruído. A OMS/Europe realizou também estudos no sentido de verificar quais os sintomas causados pela exposição ao ruído, através de um projeto denominado RANGE Project, onde foram identificados como principais sintomas a perturbação do sono e problemas cardiovasculares e auditivos. Nestes estudos, foram também identificadas as crianças como um grupo mais suscetível aos efeitos nocivos do ruído e que as que estiveram expostas a níveis de ruído mais elevados, apresentam défices de atenção, memória, problemas de aprendizagem, leitura e diminuição do rendimento escolar.

A OMS enunciou um quadro de valores estabelecendo a exposição contínua a níveis de ruído de fundo superiores a 50 décibéis (dB), como causa de deficiência auditiva, verificando-se no entanto, variação considerável de indivíduo para indivíduo relativamente à suscetibilidade ao ruído. Para as escolas, os efeitos críticos de ruído interferem na fala e perturbam a aquisição de informação, a comunicação da mensagem e causam aborrecimento nos alunos.

Segundo a OMS, o nível de ruído nas salas de aula recomendado é de 35 dB (A). Porém o nível efetivo de ruído nos estabelecimentos de ensino pode atingir 60 a 80 dB (A) em aulas normais, podendo inclusive ultrapassar os valores limite estabelecidos para os locais de trabalho, oficinas e nas instalações desportivas. Causam incomodidade e distração de acordo com os valores de orientação das “*Guidelines For Community Noise*” da OMS. Mesmo a um nível mais baixo, o ruído produz incómodo e dificulta ou impede a atenção, a comunicação, a concentração, o descanso e o sono, elementos essenciais para uma boa aprendizagem nas escolas. A manutenção destas situações pode ocasionar estados crónicos de nervosismo e stress, o que por sua vez leva a transtornos psicofísicos, doenças cardiovasculares e alterações do sistema imunológico.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

O enquadramento metodológico engloba a metodologia que irá ser aplicada no presente estudo, bem como a delimitação no que diz respeito à população da amostra e os respetivos instrumentos de investigação.

#### 1. Material e Métodos

##### 1.1 Tipo de Estudo

Considerando os objetivos propostos, bem como as hipóteses levantadas, trata-se de um estudo descritivo correlacional.

De acordo com Fortin (2009), um estudo descritivo correlacional é aquele em que “o investigador tenta explorar e determinar a existência de relações entre variáveis, com vista a descrever essas relações. É frequente na presença de variáveis não se saber as que estão mutuamente ligadas”.

O estudo em causa enquadra-se no paradigma quantitativo, que segundo (Fortin, 2009), “é um processo sistemático da colheita de dados observáveis e quantificáveis”. Refere ainda que “é baseado na observação de factos e objetivos, de conhecimentos e fenómenos, que existem independentemente do investigador e tem por finalidade contribuir para o desenvolvimento e a validação dos conhecimentos” (Ibidem).

#### 2. Amostragem

Segundo Fortin (2009), a amostragem “é o procedimento pelo qual um grupo de pessoas ou um subconjunto de uma população é escolhido com vista a obter informações relacionadas com um fenómeno, e de tal forma que a população inteira que nos interessa esteja representada”.

##### 2.1 População Alvo e Amostra

“Uma População é uma coleção de elementos ou de sujeitos que partilham características comuns, definidas por um conjunto de critérios” (Fortin, 2009). O elemento, de acordo com a mesma autora, é a unidade base da população próximo da qual a informação é recolhida. Segundo a mesma autora a população alvo é “constituída pelos elementos que satisfazem os critérios de seleção definidos antecipadamente e para



os quais o investigador deseja fazer generalizações”. A população acessível deve ser representativa da população alvo a qual é acessível ao investigador.

O universo deste estudo são as setenta e uma (71) Escolas EB 2,3 do Ensino Básico, inseridas nos Distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria e Viseu, da área de abrangência da Região Centro. Os Distritos de Castelo Branco e da Guarda igualmente da Região Centro não entraram neste estudo, por uma questão de logística, custos afetos e pelo facto de se encontrarem mais afastados da área de residência do aluno investigador.

De acordo com Fortin (2009), “a amostra é um sub-conjunto de uma população ou de um grupo de sujeitos que fazem parte de uma mesma população”.

Refere a mesma autora que, “existem duas grandes categorias de amostras, ou seja, as amostras probabilísticas e as não probabilísticas” (Fortin, 2009). Acrescenta ainda que, “os métodos de amostragem probabilísticos servem para assegurar uma certa precisão na estimação da população, reduzindo o erro amostral” (Ibidem).

Assim “o método de amostragem probabilística é o único que oferece ao investigador (...) a possibilidade de precisar os riscos tomados quando ele generaliza ao conjunto da população ou a outros contextos os resultados da investigação” (Fortin, 2009).

Podemos distinguir quatro tipos de amostragem probabilística: a amostragem aleatória simples, a amostragem aleatória estratificada, a amostragem em cachos e a amostragem sistemática.

Segundo (D’Hainaut, 1997), a amostragem estratificada ponderada, “acontece, muitas vezes, que uma população pode ser dividida apriori em subpopulações que difiram relativamente ao atributo que se pretende observar”. Refere o mesmo autor que, “designamos por estratos as subpopulações em que podemos seccionar uma população e que diferem umas das outras, relativamente ao carácter observado” (D’Hainaut, 1997).

A amostra deste estudo é probabilística (amostragem estratificada ponderada), é constituída por 30 escolas EB 2,3 do Ensino Básico, dos Distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria e Viseu escolhidos ao acaso. Os nomes das escolas foram escritos em bocados de papel e depositados em 4 urnas por Distrito: misturaram-se e depois tirou-se da urna do Distrito de Aveiro, das 23 escolas existentes 10 escolas, da urna do Distrito de Coimbra, das 23 escolas existentes, 10 escolas, da urna do Distrito de Leiria, das 14 escolas existentes, 6 escolas e da urna do Distrito de Viseu, das 11 escolas existentes, 4 escolas, o que perfaz a amostra das 30 escolas.

### 3. Procedimentos

O presente trabalho consistiu num estudo de campo em contexto real integrado no trabalho desenvolvido no Departamento de Saúde Pública da Administração Regional de Saúde do Centro, I.P., em 30 escolas do Ensino Básico dos Distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria e Viseu e pretendeu avaliar e analisar o efeito da exposição ao ruído nas escolas. Neste âmbito, foi efetuado um contacto com a então, Direção Regional de Educação do Centro, explicando os objetivos gerais do trabalho a realizar, a modalidade e as datas da realização das avaliações dos níveis de pressão sonora nas escolas seleccionadas para o estudo.

O estudo desenvolveu-se no ano letivo 2012/2013 e o período de recolha dos dados decorreu entre os meses de outubro de 2012 e março de 2013, nas escolas seleccionadas para a amostra. Assentou na verificação dos níveis de pressão sonora encontrados nos vários ambientes do interior das escolas, nomeadamente (refeitórios e zonas polivalentes interiores), no seu período normal de funcionamento, procurando quantificar os níveis de ruído a que os alunos, docentes e não docentes estão expostos.

As medições efetuadas decorreram nos períodos dos intervalos maiores da manhã das 10h10 às 10h30, nas zonas dos polivalentes interiores e nos refeitórios no período das 12h30 às 14h00, sendo representativas das situações a avaliar.

- Os valores obtidos nas avaliações dos níveis de pressão sonora foram registados na ficha de caracterização (Anexo I) que foi desenvolvida e adaptada com o objetivo de caracterizar as escolas e de registar os valores de medição encontrados nos espaços comuns interiores (zonas dos polivalentes interiores e refeitórios). Os níveis de pressão sonora foram expressos em  $L_{A,eq}$  (nível de pressão sonora contínua equivalente), tendo sido utilizado no sonómetro o filtro de ponderação A. O sonómetro utilizado conforme a figura 14, foi o sonómetro, Solo Premium, com o n.º de série 61730, amplificador de entrada PRE 21 S, série n.º 14984 e microfone MCE 212 com o n.º de série 101178. Pode ser usado para aplicações desde um medidor de nível sonoro básico até um analisador em tempo real, com um Calibrador acústico, Rion, modelo NC-74 com o n.º de série 34104534 (classe 1), equipado com uma fonte sonora de 94 dB na frequência de 1 Khz. O sonómetro foi gentilmente cedido pela empresa HIEME – Higiene e Segurança no Trabalho, sediada em Anadia (Anexo II).

### 3.1. Equipamento de Medição do Ruído

Para a medição objetiva do nível sonoro é indispensável a utilização do equipamento adequado, o sonómetro. Este equipamento permite-nos medir, concretamente, o nível de pressão sonora. Os resultados são mostrados em decibéis (dB).



Figura 14 – Sonómetro utilizado nas medições dos níveis de pressão sonora

No início e no final de cada medição realizada, o sonómetro foi calibrado.

### 3.2. Aspetos Éticos

Na aplicação do estudo foram tidos em conta as normas éticas e os direitos dos indivíduos. Prezou-se pelo anonimato, por ser entendido em conjunto com o Departamento de Saúde Pública da Administração Regional de Saúde do Centro, I.P., e com a então Direção Regional de Educação do Centro, que tal informação não seria relevante, tal como a confidencialidade dos dados fornecidos.

### 3.3. Tratamento Estatístico

O tratamento estatístico inclui todo o processo de análise dos dados e interpretação dos resultados. A presente investigação foi processada através da estatística descritiva e da estatística inferencial. Para a caracterização e descrição da amostra utilizou-se o programa StatiscalPackage Social Science® 18.0 (SPSS) para o Windows®. Na avaliação das questões de investigação foram aplicados os testes:

ANOVA one-way, o teste de normalidade (*Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk*, teste de Levene, teste ANOVA two-way (design entre sujeitos), teste MANOVA, teste Post-Hoc e o teste M de Box. Todos os dados recolhidos serviram para a realização do presente estudo estatístico, sem qualquer interesse comercial ou económico, submetendo-se apenas para fins curriculares ou académicos. As medições dos níveis de ruído, foram realizadas com prévio conhecimento e autorização dos responsáveis das escolas.

## CAPÍTULO IV

### 1. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados quantitativos obtidos, após a aplicação do instrumento de colheita de dados e respectivo tratamento estatístico e seguidamente discutidos.

Tendo em conta os valores do nível de pressão sonora obtidos nas medições efetuadas, com o auxílio do sonómetro, foram calculadas as médias logarítmicas dos níveis medidos. Dessa forma, foi possível determinar o nível sonoro contínuo equivalente ponderado A ( $L_{A,eq}$ ) médio a que os alunos, funcionários docentes e não docentes estiveram expostos.

#### 1. 1. Análise Inferencial

Na avaliação dos níveis sonoros nas escolas em estudo, procurou-se determinar a existência de relações estatísticas entre as variáveis em estudo através de testes estatísticos. Os testes de hipóteses são conjuntos de procedimentos para se calcular a probabilidade da diferença entre duas médias (ou dois percentuais) ser devida ao acaso. Isso é equivalente a se testar duas hipóteses: a nula (não há diferença entre as médias) e a alternativa (há diferença entre as médias). O resultado do teste é um número real entre zero e um que mede a probabilidade da hipótese nula ocorrer.

No estudo das inferências estatísticas utilizaram-se os seguintes níveis de significância (p):

$p \geq 0,05$  – não significativo,

$p < 0,05$  – significativo,

$p < 0,01$  – bastante significativo,

$p < 0,001$  – altamente significativo.

**2. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO**

**1. Será que a média de ruído no refeitório não difere nos 5 grupos de tipologias diferentes?**

H0: a média de ruído no refeitório não difere nos 5 grupos de tipologias diferentes.

H1: a média de ruído no refeitório difere nos 5 grupos de tipologias diferentes.

Recorda-se que para a tipologia se entende o mencionado na Introdução.

Procura-se comparar as médias da variável dependente, considerando apenas 1 fator variável independente com 5 tipologias diferentes nas escolas, assim utilizamos o teste ONE-WAY ANOVA – teste paramétrico, em virtude de ambos os testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk) confirmarem que o nível de ruído no interior do refeitório possui uma distribuição normal (p-value >0,05) em todas as tipologias.

**Tests of Normality<sup>b</sup>**

	Tipologia do edifício	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nível sonoro refeitório	Blocos de 1 piso	,250	4	.	,927	4	,577
	Blocos de 2 pisos	,201	12	,196	,922	12	,304
	Compacto	,230	11	,108	,918	11	,305
	Compacto com pátio interior	,260	2	.			

a. Lilliefors Significance Correction

b. Nível sonoro refeitório is constant when Tipologia do edifício = Compacto com corredores amplos com escadas nos topos. It has been omitted.

**Tabela 3 - Teste da normalidade**

Conforme observamos na tabela 3 a normalidade é inferida através dos testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk que se aplica quando a amostra é menos do que 50, o que é o caso desta amostra (N=30). Permite concluir que todas as tipologias apresentam uma distribuição normal (sig's > 0,05).

**Descriptives**

Nível sonoro refeitório

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blocos de 1 piso	4	84,0000	2,16025	1,08012	80,5626	87,4374	81,00	86,00
Blocos de 2 pisos	12	83,6667	2,22928	,64354	82,2502	85,0831	81,00	88,00
Compacto	11	82,7273	2,64919	,79876	80,9475	84,5070	77,00	86,00
Compacto com pátio interior	2	80,5000	,70711	,50000	74,1469	86,8531	80,00	81,00
Compacto com corredores amplos com escadas nos topos	1	83,0000	.	.	.	.	83,00	83,00
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>83,1333</b>	<b>2,35962</b>	<b>,43081</b>	<b>82,2522</b>	<b>84,0144</b>	<b>77,00</b>	<b>88,00</b>

**Tabela 4 - Resultado do teste ONE-WAY Anova**

A tabela 4 mostra-nos que a média do ruído no interior do refeitório é de 83,1333. Também se observa que há 95% de probabilidades de que o intervalo de confiança inclua a média da amostra.

O teste de Levene conclui que as variâncias são iguais com um p-value de 0,435 ( $> 0,05$ ), assim optamos pelo teste ANOVA, pois é o mais usado e é bastante robusto mesmo para amostras tão reduzidas como esta (30 casos), pois as variáveis são independentes e existe homogeneidade de variâncias como se pode comprovar pela tabela 5.

**Test of Homogeneity of Variances**

Nível sonoro refeitório

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,943 <sup>a</sup>	3	25	,435

a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for Nível sonoro refeitório.

**Tabela 5 - Teste de Levene**

Reforçando o atrás referido permite-nos inferir sobre a igualdade das dispersões nos 5 grupos de tipologias diferentes, pois considerando-se um nível de significância de 0,05 podemos afirmar que as dispersões observadas não são estatisticamente significativas ( $0,435 > 0,05$ ).

Seguidamente pela tabela 6, a ONE-WAY ANOVA, permite-nos concluir com uma probabilidade de erro de 5%, que existem pelo menos quatro tipologias diferentes em que o nível de ruído no refeitório é significativamente semelhante ( $p\text{-value} = 0,430 > 0,05$ , aceitamos a hipótese nula -  $H_0$ ).

ANOVA

Nível sonoro refeitório

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22,118	4	5,530	,992	,430
Within Groups	139,348	25	5,574		
Total	161,467	29			

Tabela 6 - Teste F

Analisando mais detalhadamente a tabela 6, verifica-se que a variabilidade entre grupos é semelhante à variabilidade dentro dos grupos, o nível de significância do teste  $F(4,25)$  é 0,430 valores sempre superior a 0,05 o que leva à aceitação de  $H_0$ , rejeitando-se  $H_1$ . Pode-se então concluir que o ruído não difere significativamente consoante os 5 grupos de tipologias diferentes.

No gráfico 1 observamos que a média de ruído no interior do refeitório não difere consoante os 5 grupos de tipologias diferentes nas 30 escolas em estudo.

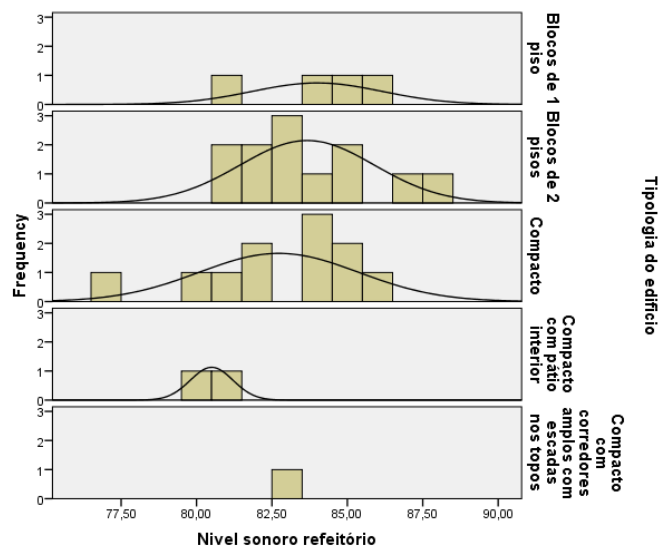


Gráfico 1 - Nível sonoro no refeitório para 5 grupos de tipologias



**Intervalo de confiança para a média de ruído no interior do refeitório e zona do polivalente interior.**

Observa-se na tabela 7, que nas 30 escolas estudadas, a média do ruído no interior do refeitório é de 83,1 dB(A), podendo concluir-se que a média do ruído nas escolas está com 95% de confiança entre 82,2 e 84 dB(A). Relativamente à medição do interior do polivalente a média é de 82,6 dB(A), podendo-se também concluir que a média do ruído nas escolas está com 95% de confiança entre 81,3 e 83,3dB(A).

**Descriptives**

			Statistic	Std. Error
Nível sonoro refeitório	Mean		83,1333	,43081
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	82,2522	
		Upper Bound	84,0144	
	5% Trimmed Mean		83,1667	
	Median		83,0000	
	Variance		5,568	
	Std. Deviation		2,35962	
	Minimum		77,00	
	Maximum		88,00	
	Range		11,00	
	Interquartile Range		4,00	
	Skewness		-,255	,427
	Kurtosis		,359	,833
	Mean		82,6000	,59229
Nível sonoro int polivalente	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	81,3886	
		Upper Bound	83,8114	
	5% Trimmed Mean		82,5741	
	Median		83,0000	
	Variance		10,524	
	Std. Deviation		3,24409	
	Minimum		77,00	
	Maximum		89,00	
	Range		12,00	
	Interquartile Range		5,00	
	Skewness		,022	,427
	Kurtosis		-,736	,833

**Tabela 7 - Média do ruído na zona polivalente interior e no refeitório**

Os gráficos 2, 3, 4 e 5 mostram os intervalos de confiança a 95% para a média das variáveis, ruído no interior do refeitório e ruído na zona do polivalente interior para cada uma das tipologias das escolas e o número de alunos.

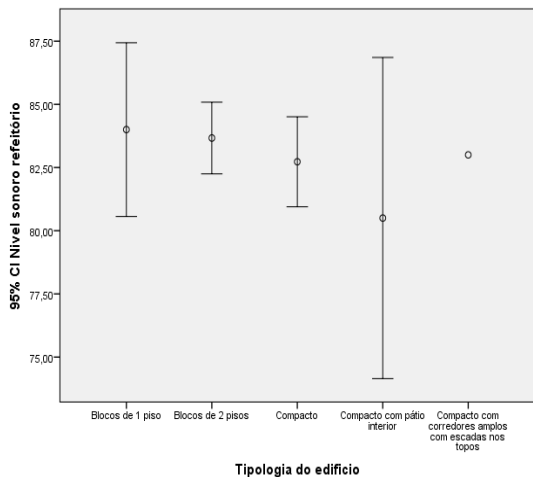


Gráfico 2 - Ruído no refeitório e a tipologia

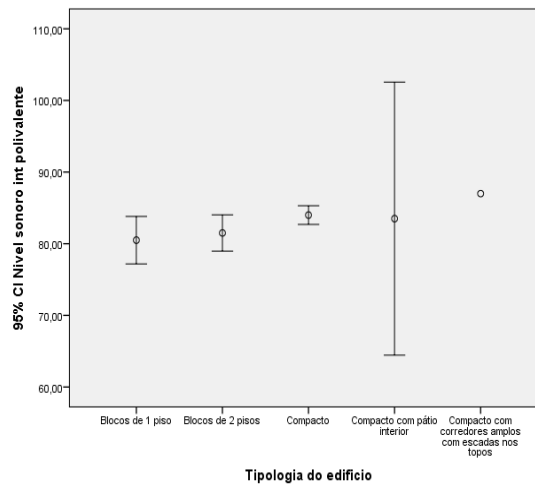


Gráfico 3 - Ruído na zona polivalente interior e a tipologia

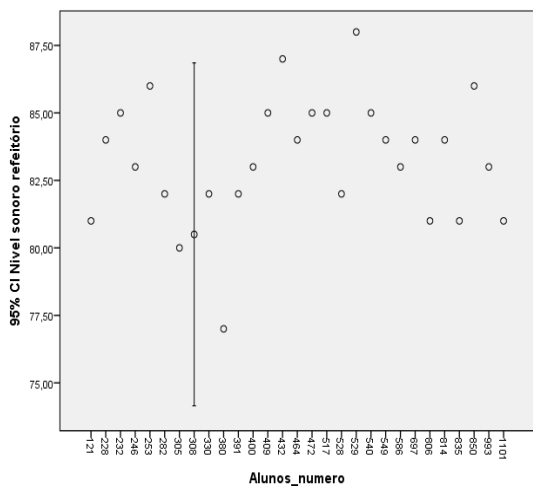


Gráfico 4 - O ruído no refeitório e o número de alunos

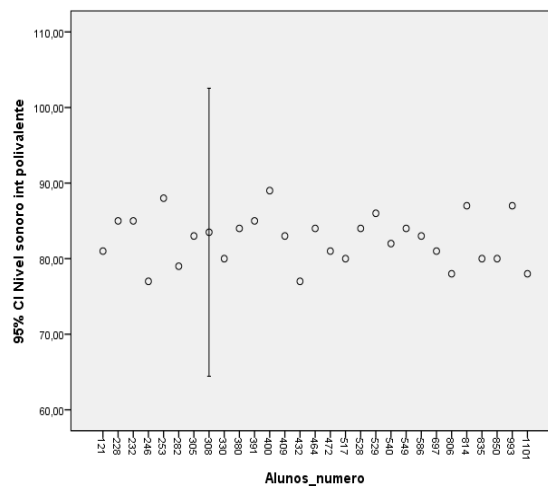


Gráfico 5 - O ruído na zona polivalente interior e o número de alunos

Através dos gráficos 6 e 7 podemos concluir que para ambos os espaços (refeitório e zona do polivalente interior), a relação é linear perfeita positiva, porque apresenta-nos os valores de x e y perfeitamente alinhados (valor do coeficiente de correlação R de Pearson ( $r=1$ )).

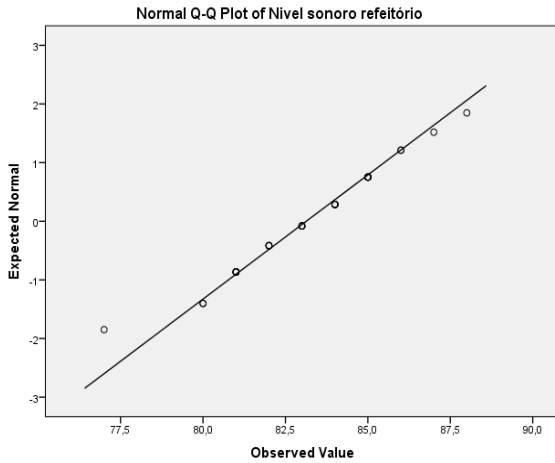


Gráfico 6- Nível sonoro no refeitório

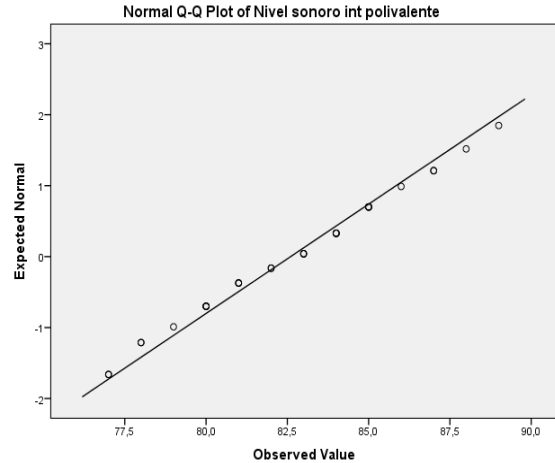


Gráfico 7- Nível sonoro na zona polivalente interior

Pelo teorema do limite central, a distribuição das médias desta amostra é homogénea, ou seja, é uma distribuição normal, estando representada nos seguintes histogramas, gráficos 8 e 9.

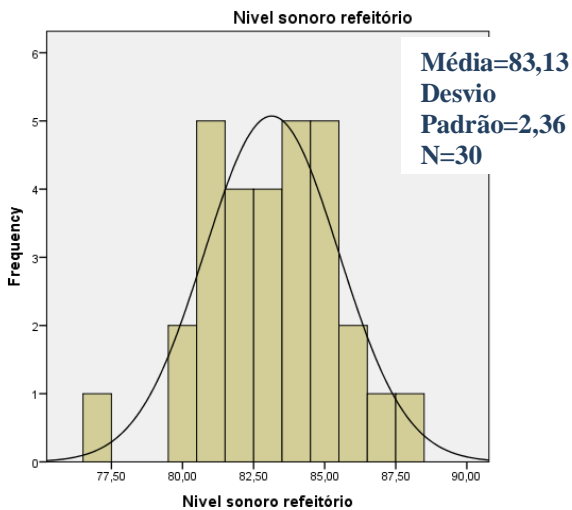


Gráfico 8-Histograma do ruído no refeitório

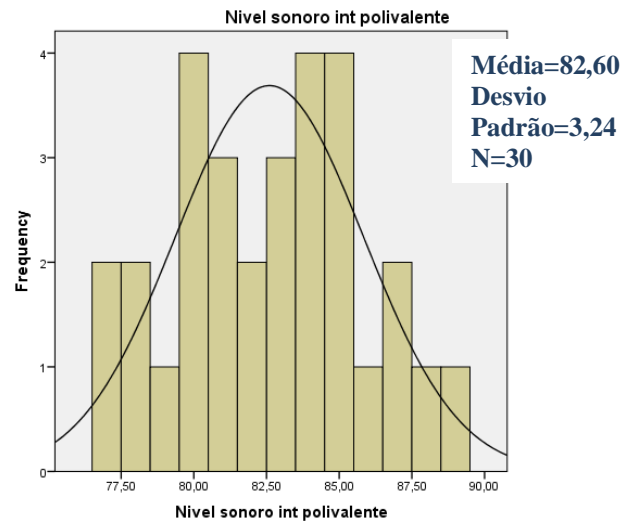
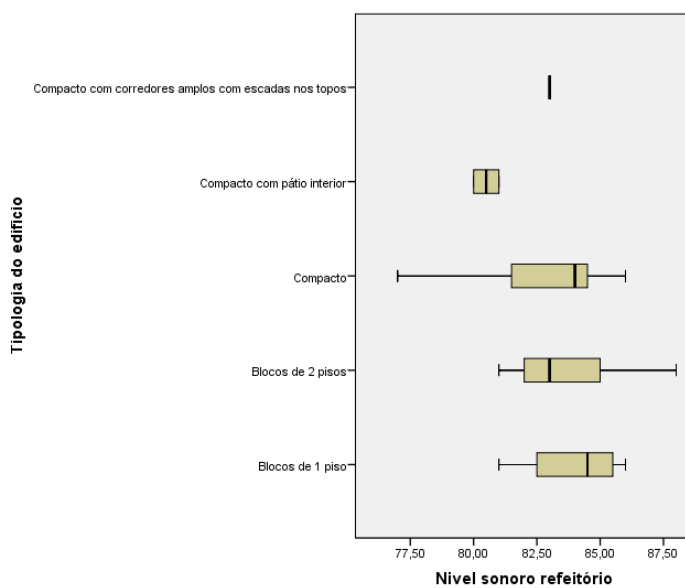


Gráfico 9- Histograma do nível sonoro na zona polivalente interior

As medidas de assimetria (Skewness) fornecem indicação sob a forma como as médias estão distribuídas nas diferentes tipologias.

Através do diagrama de extremos e quartis (Boxplot) nos gráficos 10 e 11, a combinação das 30 médias do ruído medido nos interiores do refeitório e da zona do polivalente interior, permite-nos estudar a configuração da distribuição, em particular, através deste digrama também designado caixa de bigodes.

A caixa tem 50% das observações centrais da distribuição, 25% dos valores mais baixos estão representados por uma linha, ligando o lado esquerdo da caixa com o valor mais baixo. De igual forma, 25% dos valores mais altos estão representados pela linha que liga o lado direito da caixa ao valor mais alto.



**Gráfico 10-** A Tipologia e o ruído no refeitório

No gráfico 10 (nível sonoro no refeitório) podemos também observar que na tipologia “blocos de 2 pisos” esta tem uma distribuição assimétrica positiva (desloca-se para a esquerda), ou seja, a média de ruído no interior do refeitório é aumentada por valores extremos elevados ( $\bar{x} > Me$ ).

Nas tipologias “compacto” e “blocos de 1 piso”, estas têm uma distribuição assimétrica negativa, a linha vertical dentro da caixa não está centrada, desloca-se para a direita e a caixa também se desloca ao longo da linha, ou seja, a média de ruído é reduzida por valores extremos baixos ( $\bar{x} < Me$ ).

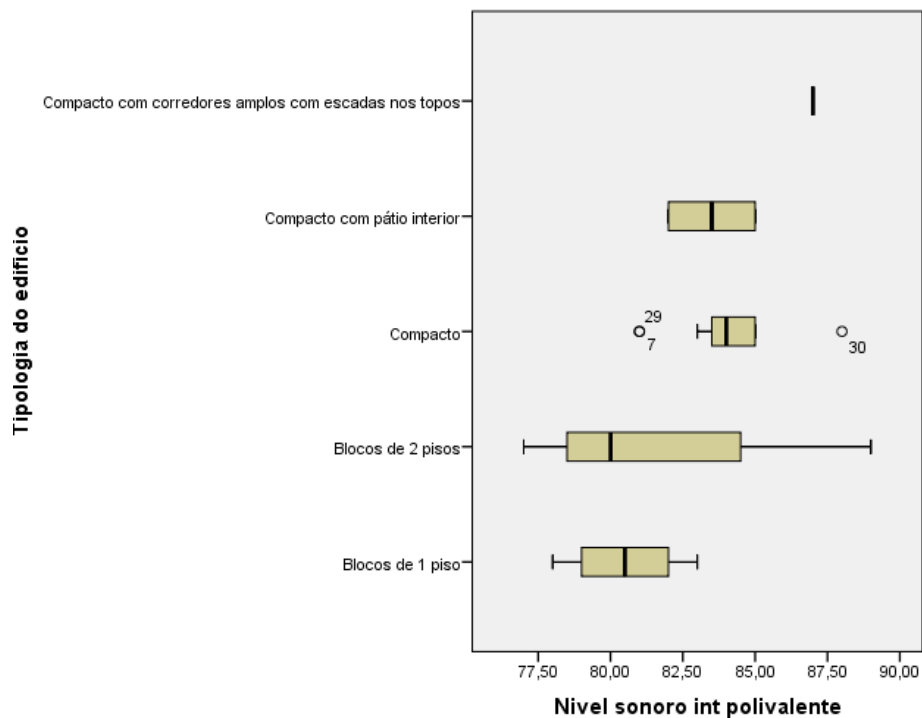


Gráfico 11 - Tipologia e o ruído na zona polivalente interior

Na caixa de bigodes correspondente ao gráfico 11 (nível sonoro na zona polivalente interior), observamos que nas tipologias “blocos 1 piso” e “compacto com pátio interior”, apresentam uma distribuição simétrica, a linha que representa a Mediana situa-se no centro da caixa, ou seja, não existem valores extremos em qualquer direção ( $\bar{x} = Me$ ).

Relativamente à tipologia “blocos 2 pisos” e “compacto”, observamos uma distribuição assimétrica positiva, desloca-se para a esquerda e a caixa também se desloca ao longo da linha, ou seja, a média de ruído é aumentada por valores extremos elevados ( $\bar{x} > Me$ ).

**2. Será que não existem diferenças de ruído no interior do refeitório resultantes de vigilância (no interior do refeitório com a vigilância para controle e com assistente operacional na entrada do refeitório)?**

H0: não existem diferenças do ruído existente no interior do refeitório com a presença do vigilante para controle no interior do refeitório e com assistente operacional na entrada do refeitório.

H1: existem diferenças do ruído existente no interior do refeitório com a presença do vigilante para controle no interior do refeitório e com assistente operacional na entrada do refeitório.

Após a confirmação da homogeneidade das variâncias – covariâncias, aplicamos o teste TWO-WAY (design entre sujeitos), esta análise fatorial permite-nos estudar se a média de ruído no interior do refeitório não difere com a presença do vigilante para controle no interior (efeito fator 1), e ao mesmo tempo com a presença do assistente operacional na entrada do refeitório (efeito fator 2).

A tabela 8 apresenta dois fatores em estudo e de observações em cada nível.

Between-Subjects Factors		
	Value Label	N
Existe a presença de vigilante para controle no interior do refeitório	1 Sim	17
	2 Não	13
Existe a presença do Assistente Operacional na entrada para o refeitório	1 Sim	20
	2 Não	10

**Tabela 8 - Existência de vigilante no interior do refeitório e assistente operacional na entrada do refeitório**

Nas 30 escolas observadas, verificamos que cerca de 67% têm assistente operacional na entrada, e cerca de 57% apresentam vigilante para controle no interior do refeitório, conforme se verifica nas tabelas 9 e 10.

Existe a presença do Assistente Operacional na entrada para o refeitório

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Sim	20	66,7	66,7	66,7
Não	10	33,3	33,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Tabela 9 - Presença de assistente operacional na entrada do refeitório

Existe a presença de vigilante para controlo no interior do refeitório

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Sim	17	56,7	56,7	56,7
Não	13	43,3	43,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Tabela 10 – Presença de vigilante no interior do refeitório

Na tabela 11 podemos confirmar a homogeneidade de variâncias (p-value = 0,879) entre os grupos dos fatores selecionados relativamente ao ruído medido no interior do refeitório dB(A).

**Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

Dependent Variable: Nivel sonoro refeitório

F	df1	df2	Sig.
,224	3	26	,879

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + VII\_presenca\_vigilante\_refeitório + VII\_presenca\_asstOperacional\_refeitório + VII\_presenca\_vigilante\_refeitório \* VII\_presenca\_asstOperacional\_refeitório

Tabela 11 - Ruído medido no interior do refeitório

No resultado da ANOVA fatorial, conforme a tabela 12, observamos a existência de diferenças muito pouco significavas entre as médias de ruído no interior do refeitório: com a presença do vigilante com (p-value=0,052 > 0,05); presença do assistente operacional (p-value= 0,451 > 0,05); presença do vigilante no interior do refeitório, a presença em simultâneo do assistente operacional (p-value = 0,748 > 0,05). Pelo facto aceitamos a hipótese nula- H0.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nivel sonoro refeitório

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>b</sup>
Corrected Model	38,919 <sup>a</sup>	3	12,973	2,752	,063	8,257	,597
Intercept	155933,563	1	155933,563	33083,243	,000	33083,243	1,000
VII_presenca_vigilante_refeitorio	19,563	1	19,563	4,150	,052	4,150	,501
VII_presenca_asstOperacional_refeitorio	2,763	1	2,763	,586	,451	,586	,114
VII_presenca_vigilante_refeitorio *	,496	1	,496	,105	,748	,105	,061
Error	122,548	26	4,713				
Total	207496,000	30					
Corrected Total	161,467	29					

a. R Squared = ,241 (Adjusted R Squared = ,153)

b. Computed using alpha = ,05

**Tabela 12 - Nível de ruído com a presença de vigilante no interior do refeitório e com a presença do assistente operacional na entrada**

Afirma-se ainda, com uma probabilidade de erro de 5%, que não existe relação significativa entre o fator vigilância para controlo no interior do refeitório, e o factor assistente operacional na entrada do refeitório.

Salienta-se ainda que a presença do assistente operacional (p-value= 0,451) e a presença do vigilante no interior do refeitório, com a presença do assistente operacional (p-value = 0,748), reforçado com a potência do teste (observed Power) de 0,597 positivos, permite-nos ter confiança em aceitarmos a hipótese nula- H0.

**3. Será que não existem diferenças do ruído no interior do refeitório e na zona do polivalente interior com a proveniência dos alunos?**

H0: não existem diferenças do ruído existente no interior do refeitório e na zona do polivalente interior com a proveniência dos alunos.

H1: existem diferenças do ruído existente no interior do refeitório e na zona do polivalente interior com a proveniência dos alunos.

Entenda-se por proveniência dos alunos o referenciado na Introdução.

A análise da variância (ANOVA) a 1 fator (ONE-WAY ANOVA) permite comparar vários grupos relativamente a uma variável quantitativa. Este teste é a



alternativa ao T.Student para duas amostras independentes, para mais do que um grupo em estudo, conforme se verifica na tabela 13.

**Descriptives**

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Nível sonoro refeitório	Rural	13	83,3846	2,10311	,58330	82,1137	84,6555	80,00	87,00
	Urbana	15	82,8667	2,69568	,69602	81,3739	84,3595	77,00	88,00
	Piscatória	2	83,5000	2,12132	1,50000	64,4407	102,5593	82,00	85,00
	Total	30	83,1333	2,35962	,43081	82,2522	84,0144	77,00	88,00
Nível sonoro int polivalente	Rural	13	83,2308	3,41940	,94837	81,1644	85,2971	77,00	89,00
	Urbana	15	82,0667	3,19523	,82501	80,2972	83,8361	77,00	87,00
	Piscatória	2	82,5000	3,53553	2,50000	50,7345	114,2655	80,00	85,00
	Total	30	82,6000	3,24409	,59229	81,3886	83,8114	77,00	89,00

Tabela 13 - Análise da variância Anova para um fator

Usou-se o teste post-hoc para testar a hipótese, constatando-se a homogeneidade das variâncias, conforme se verifica nos gráficos 12 e 13 e na tabela 14.

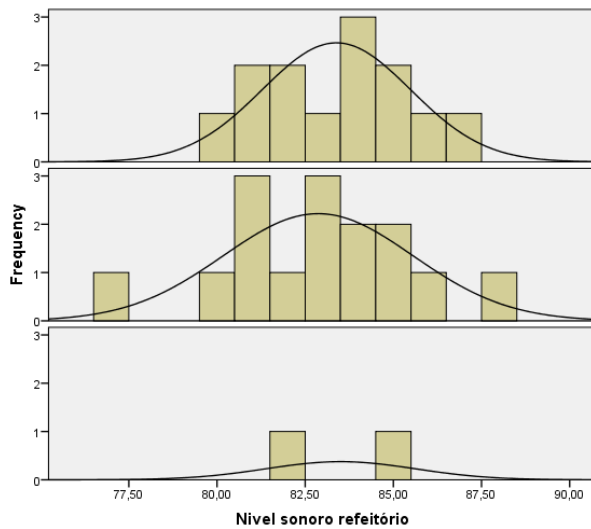


Gráfico 12- Ruído no refeitório e a proveniência dos alunos

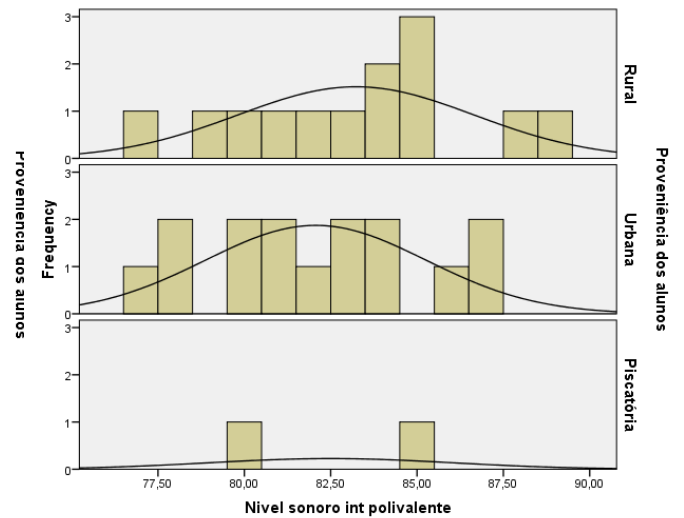


Gráfico 13- Ruído na zona polivalente interior e a proveniência dos alunos

**Test of Homogeneity of Variances**

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Nível sonoro refeitório	,216	2	27	,807
Nível sonoro int polivalente	,011	2	27	,989

Tabela 14 - Teste Post-Hoc

Na ONE-WAY ANOVA da tabela 15, podemos concluir com uma probabilidade de erro de 5%, que não existem diferenças significativas da proveniência dos alunos com os níveis de ruído existentes nos espaços interiores do refeitório e do polivalente (p-value > 0,05), pelo que se aceita a hipótese nula-H0.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nível sonoro refeitório	Between Groups	2,156	2	1,078	,183	,834
	Within Groups	159,310	27	5,900		
	Total	161,467	29			
Nível sonoro int polivalente	Between Groups	9,459	2	4,729	,432	,654
	Within Groups	295,741	27	10,953		
	Total	305,200	29			

Tabela 15 - Proveniência dos alunos e os níveis de ruído no refeitório e zona polivalente interior

**4. Será que a área (m<sup>2</sup>) no interior do refeitório e na zona do polivalente interior influencia o ruído existente?**

H0: a área em m<sup>2</sup> não influencia os níveis de ruído no interior do refeitório e na zona do polivalente interior.

H1: a área em m<sup>2</sup> influencia os níveis de ruído no interior do refeitório e na zona do polivalente interior.

Na tabela 16, verificamos que a média de ruído no interior do polivalente, é maior na área > a 201m<sup>2</sup>, em apenas quatro escolas, e a média de ruído mais elevada no interior do refeitório, verifica-se em áreas inferiores a 100 m<sup>2</sup>, em apenas duas escolas.

A maioria das escolas apresenta-nos áreas entre os 102 m<sup>2</sup> e os 200 m<sup>2</sup>, com as médias mais baixas em dB(A), em ambos os espaços interiores do polivalente e do refeitório.

Between-Subjects Factors				
		Value Label	N	Mean
Area_int_poliv	1	< 100 m2	8	83,00
	2	101m2 a 200 m2	18	81,89
	3	> 201m2	4	85,00
area_int_Refeitório	1	< 100 m2	2	86,50
	2	101m2 a 200 m2	24	82,79
	3	> 201m2	4	83,50

Tabela 16 - O ruído com a área do refeitório e área da zona polivalente interior

Na caixa de bigodes, gráfico 14, observamos que a área entre 201 m<sup>2</sup> e 200 m<sup>2</sup> do interior do refeitório, apresenta uma distribuição assimétrica negativa, a linha vertical dentro da caixa não está centrada, desloca-se para a direita e a caixa também se desloca ao longo da linha, ou seja, a média de ruído é reduzida por valores extremos baixos ( $\bar{x} < Me$ ).

Relativamente às restantes áreas do interior do refeitório apresentam uma distribuição simétrica, a linha que representa a mediana situa-se no centro da caixa, ou seja, não existem valores extremos em qualquer direção ( $\bar{x} = Me$ ).

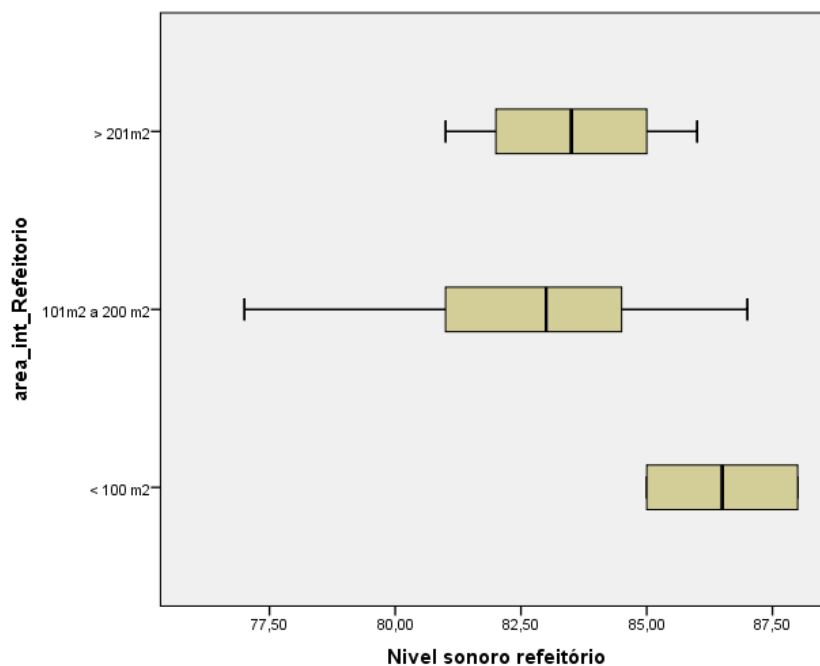


Gráfico 14 - Área do refeitório e o nível sonoro

Podemos observar que no interior do polivalente a área inferior a 100m<sup>2</sup> e > a 201m<sup>2</sup> têm uma distribuição assimétrica positiva (desloca-se para a esquerda), ou seja, a média de ruído no interior do refeitório é aumentada por valores extremos elevados ( $\bar{x} > Me$ ).

Relativamente à área entre 101m<sup>2</sup> e 200m<sup>2</sup> apresenta uma distribuição simétrica, a linha que representa a mediana situa-se no centro da caixa, ou seja, não existem valores extremos em qualquer direção ( $\bar{x} = Me$ ).

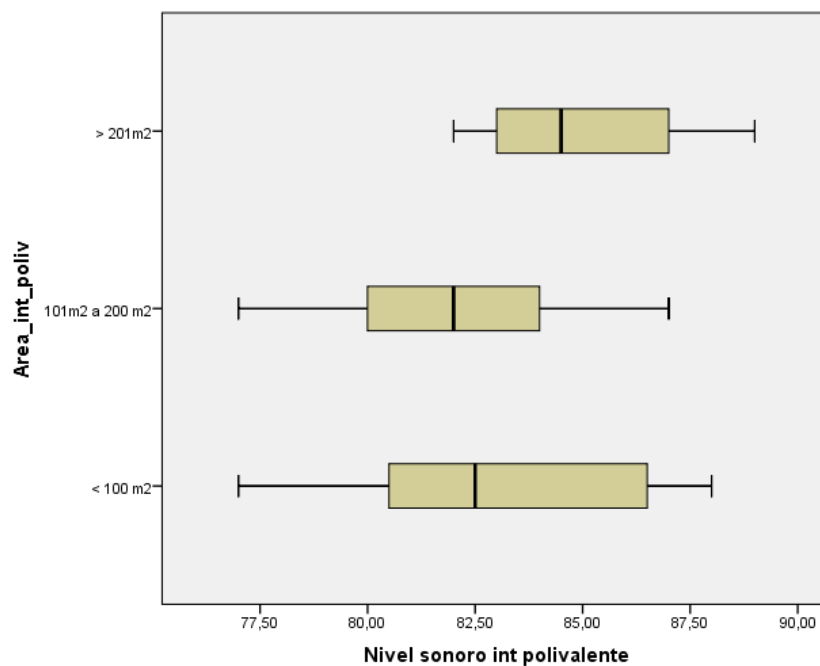


Gráfico 15 - Área da zona polivalente interior e o nível sonoro

O teste MANOVA permite testar interações entre duas ou mais variáveis dependentes, e detecta diferenças que não seriam detetadas por múltiplas ANOVAS.

O teste Levene também confirma a homogeneidade das variâncias das variáveis dependentes, ruído interior do refeitório (p-value=0,652) e do polivalente (p-value=0,228), conforme a tabela 17.

Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

	F	df1	df2	Sig.
Nível sonoro int polivalente	,667	5	24	,652
Nível sonoro refeitório	1,498	5	24	,228

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Area\_int\_polivalente + Área\_int\_Refeitório + Area\_int\_polivalente \* Área\_int\_Refeitório

Tabela 17 - Homogeneidade das variâncias das variáveis dependentes

Na tabela 18, verifica-se que no teste M de Box há homogeneidade da matriz de covariâncias (valor que mede o grau de dispersão simultâneo de duas variáveis quantitativas em relação às suas médias). Podemos neste caso, testar a H0, que diz que as matrizes de covariâncias das variáveis dependentes são iguais em todas as combinações (áreas), opostamente à H1.

O p-value deste teste é de (0,827 > 0,05), o que nos permite aceitar a H0. As covariâncias são homogêneas, ou seja, a área em m<sup>2</sup> não influencia os níveis de ruído no interior do refeitório e no interior do polivalente.

### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	7,107
F	,563
df1	9
df2	472,579
Sig.	,827

Tabela 18 - Teste M de Box e as covariâncias

<b>Escolas</b>	<b>Média do ruído na zona interior do polivalente em dB (A)</b>	<b>Média do ruído no interior do refeitório em dB (A)</b>
<b>Escola 1</b>	81	84
<b>Escola 2</b>	84	84
<b>Escola 3</b>	80	85
<b>Escola 4</b>	85	82
<b>Escola 5</b>	81	85
<b>Escola 6</b>	78	81
<b>Escola 7</b>	84	77
<b>Escola 8</b>	89	83
<b>Escola 9</b>	83	80
<b>Escola 10</b>	86	88
<b>Escola 11</b>	80	82
<b>Escola 12</b>	81	81
<b>Escola 13</b>	84	84
<b>Escola 14</b>	85	85
<b>Escola 15</b>	85	84
<b>Escola 16</b>	80	86
<b>Escola 17</b>	83	83
<b>Escola 18</b>	77	83
<b>Escola 19</b>	79	82
<b>Escola 20</b>	80	81
<b>Escola 21</b>	82	85
<b>Escola 22</b>	83	85
<b>Escola 23</b>	84	82
<b>Escola 24</b>	78	81
<b>Escola 25</b>	87	84
<b>Escola 26</b>	88	86
<b>Escola 27</b>	77	87
<b>Escola 28</b>	82	81
<b>Escola 29</b>	87	83
<b>Escola 30</b>	84	83

Tabela 19 - Valores médios dos níveis de ruído na zona polivalente interior e refeitório

## ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a análise dos resultados obtidos, verifica-se que foram determinados valores de nível sonoro contínuo equivalente ponderado A ( $L_{A,eq}$ ) entre 75 e 84 dB (A) na maior parte das situações estudadas, sendo que em cerca 27% das situações os valores situam-se acima dos 85 dB (A).

De acordo com a OMS, estes resultados sugerem que o ruído existente nas zonas polivalentes interiores e refeitórios, onde os alunos permanecem durante a maior parte do tempo não letivo, nas escolas, podem contribuir para o aumento da agressividade e do insucesso escolar, bem como causar problemas psico-fisiológicos, descritos no capítulo II.

Relativamente às questões de investigação, verifica-se que:

1. A média do ruído na zona polivalente interior e no refeitório não difere nos 5 grupos de tipologias consideradas.
2. Não existem diferenças do ruído existente no interior do refeitório com a presença do vigilante para controlo no interior do refeitório e com o assistente operacional na entrada do refeitório.
3. Não existem diferenças de ruído na zona polivalente interior e no refeitório com a proveniência dos alunos.
4. A área em  $m^2$  não influencia os níveis de ruído na zona polivalente interior e no refeitório.

## DISCUSSÃO/CONCLUSÃO

A exposição ao ruído constitui um risco que dada a sua natureza, muitas vezes é percebido como não sendo possível de controlar, associando-se a essa exposição uma resignação fatalista, com consequências a nível do comportamento.

Fazendo uma análise crítica dos valores de nível sonoro medidos, pode-se afirmar que os resultados obtidos, indicam inequivocamente que o ruído existente nos espaços comuns interiores das escolas estudadas, onde os alunos permanecem durante os intervalos entre as aulas, podem contribuir para o aumento da agressividade e do insucesso escolar, bem como causar danos psico-fisiológicos, confirmando as questões de investigação.

Não se confirmaram as questões colocadas, nomeadamente:

1. A média de ruído na zona do polivalente interior e no refeitório não difere nos 5 grupos de tipologias;
2. Não existem diferenças de ruído no interior do refeitório resultantes de vigilância (no interior do refeitório com a vigilância para controle e com assistente operacional na entrada do refeitório);
3. Não existem diferenças do ruído nos interiores do refeitório e na zona do polivalente interior com a proveniência dos alunos;
4. A área (m<sup>2</sup>) nos interiores do refeitório e na zona polivalente interior influencia o ruído existente.

Têm de existir outros fatores que contribuam para os níveis avaliados, tal como referido anteriormente, a acústica dos espaços é condicionada por múltiplos factores, sendo a contribuição dos indivíduos presentes apenas uma das variáveis.

As zonas polivalentes interiores das escolas embora possuindo na maioria dos casos, zonas revestidas a corticite, reconhecido material redutor de ruído, possuem muitas superfícies com elevado índice refletor, sendo que a própria estrutura arquitetónica favorece a ocorrência de eco e reverberação, conduzindo a elevados níveis de ruído. Desta forma, é fundamental que haja a consciencialização das entidades intervenientes na elaboração dos projetos de arquitetura das escolas e/ou com responsabilidade na manutenção das mesmas para a necessidade de se poder melhorar a qualidade acústica destes edifícios.

Os refeitórios mostraram igualmente espaços com valores de níveis sonoros muito elevados. Apesar de um número significativo destes espaços estarem revestidos a



corticite nos tetos, têm uma ausência completa de cortinas, toalhas de pano nas mesas, proteção dos pés das cadeiras em borracha, ou qualquer outro elemento redutor de ruído que, no entanto têm riscos associados, relativamente a incêndios e meios de desenvolvimento de microorganismos que interferem na qualidade do ar interior (ácaros, bactérias, etc.). A agravar esta situação, foram notados comportamentos dos alunos totalmente inadequados (conversação num nível sonoro bastante elevado, uso de talheres e outros utensílios de uma forma muito descuidada). Outro fator grave será sem dúvida o comportamento e características da população escolar na faixa etária dos 10 aos 16 anos.

A colocação de protetores de borracha nos pés das mesas e cadeiras, de cortinas nas janelas, de toalhas nas mesas e a subdivisão dos espaços demasiados amplos, e a promoção de comportamentos adequados durante o período da refeição, seriam determinantes na redução dos níveis sonoros nos refeitórios.

Sendo os espaços comuns das escolas, os locais onde os alunos permanecem durante os intervalos das aulas, é preocupante o efeito que pode ter o ruído nos seus comportamentos, aprendizagens, ou mesmo na saúde, atendendo a que os períodos de pausa têm frequentemente a duração de 20 minutos, sendo que à hora do almoço podem ser superiores a 1 hora.

A população alvo deste estudo posiciona-se numa faixa etária capaz de compreender os riscos associados à exposição excessiva ao ruído, pelo que se considera fundamental a consciencialização da comunidade escolar em geral para a necessidade de mudança de hábitos adquiridos desde crianças, que acarretam a exposições elevadas de ruído, com consequências não só ao nível do funcionamento do aparelho auditivo, mas também condicionando a atividade fisiológica, física e mental.

Considerando que o tema “Ruído” já é trabalhado na atual área curricular da disciplina de Físico-Química, seria de todo o interesse a inclusão da abordagem dos efeitos nocivos da exposição a níveis elevados de ruído.

### **Sugestões Para Investigações Futuras**

Como linhas orientadoras para a realização de trabalhos no futuro propõem-se:

- A realização de medições em salas de aula, permitindo assim complementar a caracterização da exposição a ruído da população escolar.

- O reajustamento dos instrumentos utilizados neste estudo e a ficha de caracterização dos estabelecimentos de ensino.
- A avaliação do comportamento dos alunos na faixa etária dos 10 aos 16 anos.
- Estudos audiológicos/audiométricos para a avaliação da faixa etária dos 10 aos 16 anos e respetiva audibilidade.
- Avaliação do tipo de materiais a aplicar para correção acústica e garantia da qualidade do ar interior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, S. M. (1990). The Extra-Auditory Effects of Noise and Annoyance: On Overview of Research.
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2005), Revista FACTS, nº 57. Relatório do Observatório dos Riscos. Bilbao. ISSN 1681-2166.
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2006), Revista FACTS, nº 67. Relatório do Observatório dos Riscos. Bilbao. ISSN 1681-2166.
- Agência portuguesa do Ambiente (2011). Guia Prático para Medições de Ruído Ambiente, no Contexto do Regulamento Geral do Ruído Tendo em conta a NP ISO 1996.
- Arezes, P. M. F. M. (2002). Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído. Tese de Dissertação de Doutoramento. Departamento de Produção e Sistemas. Escola de Engenharia. Guimarães. Universidade do Minho.
- Arezes, P.M., Silva, P. C. & Santos, S. M (2009). Cognitive Impairment in Administrative Workers Due to Noise Exposure. Proceedings of the 17 th World Congress on Ergonomics – IEA 2009, Beijing, China.
- Azevedo, R. & Lima, M. L. (2002). Componentes Psicossociais do Ruído: As Medições Cognitivas do Ruído em Diferentes Grupos Profissionais. Tese de Dissertação de Mestrado. Évora. Universidade de Évora.
- Barbosa, M. S.A. (2009). Ruído e Desempenho Cognitivo dos Professores: Tese de Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- Belojevic, G., Jakovljevic, B., Slepcevic, V. (2003) Noise and Mental Performance: Personality Attributes and Noise Sensitivity. University of Belgrade, Faculty of Medicine, Institute of Hygiene and Medical Ecology, Serbia. Noise & Health. A Quarterly Inter-disciplinary International Journal, Vol.6:21, pp. 77-89.
- Bento Coelho, J. L. (2007). “Community Noise Ordinances”, em Handbook of Noise and Vibration Control, Ed. Malcolm J. Crocker, John Wiley & Sons, New York, 2007.
- Coelho, B.J. L., Ferreira,A.J. (2009). Critérios para Análise de Exposição-Impacte do Ruído de Transportes. Acedido em 15 de fevereiro de 2013, em: <http://www.apambiente.pt/2data>.

- Carmo, L. (1999). Efeitos do Ruído Ambiental no Organismo Humano e suas Manifestações Auditivas. Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Audiologia Clínica. Goiás. Universidade de Goiânia.
- Cabral, Fernando (2011). Segurança e Saúde do Trabalho - Manual de prevenção de riscos profissionais. Verlag Dashöfer. Lisboa.
- Costa, V. (1994). O Ruído e as Suas Interferências na Saúde e no Trabalho. Revista Acústica e Vibrações, Vol. 13, Julho, pp. 41-60.
- D'Hainaut, L. (1997). Conceitos e Métodos da Estatística, 2.<sup>a</sup> Edição, Fundação Cauloste Gulbeikian.
- Decreto-lei nº 182/2006. Consultado em março de 2013, em <http://dre.pt/pdf1sdip/2006/09/17200/65846593.pdf>.
- Decreto-lei nº 278/2007. Consultado em março de 2013, em <http://dre.pt/pdf1sdip/2007/08/14700/0491204913.pdf>.
- Decreto-lei nº 9/2007. Consultado em março de 2013, em <http://dre.pt/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.pdf>.
- Dodd, G. (2000). Noise, Noise Sensitivity and Attention – Acoustics Research Centre, University of Auckland.
- Eniz, A. (2004). Poluição Sonora em escolas do Distrito Federal. Tese de Dissertação de Mestrado. Brasília. Universidade Católica de Brasília.
- Evans, G. W., Lepore, S. J. (1993). Nonauditory Effects of Noise on Children: A Critical Review – Children's Environment, Vol.10, pp. 31-51.
- Fernandes J. C. (2000). Acústica e Ruídos. Compêndio de Pós-Graduação. Faculdade de Engenharia da UNESP. Bauru. Campus de Bauru.
- Fernandes J. C. (2006). Padronização das Condições Acústicas para Salas de Aula. Bauru. Actas do XIII SIMPEP. São Paulo. Brasil.
- Freitas, Luís (2008). Segurança e Saúde do Trabalho. 1<sup>a</sup> Edição. Lisboa, Edições Sílabo.
- Fortin, Marie-Fabienne (2009). – O processo de Investigação: da Concepção à Realização. Lusociência, Décarie Éditeur.
- Grandjean, E. [et al.] (2005). Manual de Ergonomia- Adaptando o Trabalho ao Homem. Ed.9. Bookman, Porto Alegre.
- Guyton, C. A. (1988). Fisiologia Humana. 6<sup>a</sup> edição – Editora Guanabara. Brasil. pp. 194-203.

- Hans, R. F. (2001). Avaliação do Ruído em Escolas. Tese de Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Heimann, D. (2003). Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation. Euronoise. Naples.
- Kryter, K. (1985). The Effects Of Noise On Man. Menlo Park: Academic Press. Capítulo I, pp. 1-3.
- Losso, M. A. F. (2003). Qualidade Acústica de Edificações Escolares em Santa Catarina e Elaboração de Directrizes para Projecto e Implementação. Dissertação de Mestrado. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Luz, G.A. (2005). Noise Sensitivity rating of Individuals. Sound and Vibration.
- Martinez, S.(2001). Introdução a um Ensaio Sobre Estatísticas Económicas. Almedina, Coimbra.
- Miguel, Alberto Sérgio S.R. (2006). Manual de Higiene e Segurança no Trabalho. Ed.9. Porto Editora, Porto.
- NP 1733:1981. Acústica, Higiene e segurança no trabalho. Determinação da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, que visa protecção auditiva.
- NP 1730:1996. Referente à descrição e medição do ruído ambiente. Consultada em março de 2013, em <http://dre.pt/pdf1sdip/2006/07/14600/54335441.pdf>.
- NP 1733:1981. Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, com vista à protecção da audição. Consultada em março de 2013, em: <http://pt.legislacao.org/tag/np17>.
- Pestana, M.H., Gageiro, J.N. (2000). Análise de Dados para Ciências Sociais. A Complementariedade do SPSS, 2.<sup>a</sup> Edição. Edições Sílabo.
- Regulamento Geral do Ruído. (2007). Consultado em janeiro, fevereiro, e março de 2013, em <http://dre.pt/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.pdf>.
- Smith, A. (2003). The Concept of Noise Sensitivity: Implications for Noise Control; Noise & Health Journal, Vol.5: 18, pp.57-59.
- Rosão, V., Conceição, E., Marques, T. (2008, 20-22 de outubro). A especial Sensibilidade das Escolas ao Ruído Ambiente Exterior. Acedido a 20 de fevereiro de 2013, em: <http://www.Schiu.com/Sectores/Artigos/Art-693>.

- Telo, E. (2006). Acção de Sensibilização: As condições de Segurança e Saúde no trabalho no contexto da deficiência visual. Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no trabalho.
- Weinstein, N. D. (1978). Individual Differences in Reactions to Noise: a Longitudinal Study in a College Dormitory. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 63, pp. 458-466.
- World Health Organization (1980). *Environmental Health Criteria, 12: Noise*. Geneve, WHO.
- World Health Organization/Europe. Acedido em 12 de março de 2013, em <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise.pdf>.
- World Health Organization (1999). *Guidelines for Community Noise*. London, U.K. consultado em abril de 2013, em <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>.

## **ANEXOS**

Anexo I – Ficha de caracterização dos estabelecimentos de ensino



FMUC FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**Ficha de Caracterização da Escola**

Código para identificação da Escola: \_\_\_\_\_

Distrito: \_\_\_\_\_ Concelho: \_\_\_\_\_

**1. Localização da escola:**

- Na malha urbana       Fora da malha urbana

**2. População escolar:**

- Urbana       Rural       Piscatória

**3. Tipo de construção do edifício:**

- Em blocos  
 Monobloco com espaço amplo interior coberto  
 Monobloco sem espaço amplo interior coberto

**4. Espaço comum interior:**

Área:      <      <     

Área:      <      <



**4.1** Elementos redutores de ruído:

Sim       Não

**5.** Refeitório:

**5.1** Caracterização da planta do refeitório

---

**5.2** Área:      <      <     

Área:      <      <     

**5.3** Elementos redutores de ruído:

Sim       Não

**5.4** Vigilâncias no exterior (entrada no refeitório):

Sim       Não

**5.5** Vigilâncias no interior do refeitório:

Sim       Não

**6.** Medições efetuadas:

**6.1** Espaço comum interior:

1ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

2ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

3ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

Média: \_\_\_\_\_ dB(A)

Observações:

---

---

---

**6.2 Refeitório:**

1ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

2ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

3ª medição \_\_\_\_\_ dB(A)

Média: \_\_\_\_\_ dB(A)

Observações:

---

---

---

---

Anexo II – Certificados de calibração do sonómetro



Instalações de Oeiras

Signature Not Verified

Digitally signed by LabMetro Online  
Date: 2012.10.18 17:12:12 +01:00  
Reason: Documento aprovado electronicamente



Laboratório de Calibração em Metrologia Electro-Física

Certificado de Calibração

Data de Emissão 2012-10-17 Certificado nº. CACV1308/12 Página 1 de 2

**Equipamento** **SONÓMETRO IEC 61672-3:2006-10** Classe: 1  
 Marca: 01dB Nº série: 61730  
 Modelo: Solo Premium Nº id: ---

**MICROFONE**  
 Marca: 01dB Nº série: 101178  
 Modelo: MCE 212

**PRÉ-AMPLIFICADOR**  
 Marca: 01dB Nº série: 14984  
 Modelo: PRE 21 S

**Cliente** **Hieme - Higiene e Segurança no Trabalho, Lda.**  
 Largo Dr. Costa e Almeida, Edifício S. Gabriel - Sala A/H  
 Ap. 206  
 3780-216 Anadia

**Data de Calibração** **2012-10-17**

**Condições Ambientais** Temperatura: 23,5 °C Humid. rel.: 51,0 % Pressão Atmosf.: 99,8 kPa

**Procedimento** Proc. Interno PO.M-DM/ACUS 01, Ed. D tendo por base os documentos de referência Norma IEC 61672-3: 2006-10.

**Rastreabilidade** Nível de pressão sonora, Brüel & Kjær, Nærum - Denmark  
 Tensão alternada, Fluke 5790A, Fluke A40 / A40A, rastreado à Fluke, Kassel - Deutschland

**Estado do Equipamento** Não foram identificados aspectos relevantes que afectassem os resultados.

**Resultados** Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
 A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.

**Nota: O sonómetro cumpre com os requisitos da sua classe segundo a norma IEC 61672-3: 2006-10.**  
**Para a confirmação da classe foi verificado que a soma dos módulos do erro com incerteza é menor ou igual que os requisitos da sua classe.**

Calibrado por  
  
 António Lopes

Responsável pela Validação  
  
 Luís Ferreira (Responsável Técnico)

DM/064-2/07

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorização por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.



Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

Certificado nº. CACV1308/12

Página 2 de 2

## Características Acústicas

Condições de referência	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ruído inerente	CONFORME

## Características Eléctricas

Ruído inerente	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ponderação no tempo	CONFORME
Linearidade escala de referência/escalas	CONFORME
Resposta a sinais de curta duração	CONFORME
Indicação de sinais de pico em ponderação C	CONFORME
Indicação de sobrecarga	CONFORME



DM/064.2/07

Calibrado por

António Lopes

Responsável pela validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorizado por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.



**CERTIFICADO DE VERIFICAÇÃO**

**NÚMERO 245.70 / 12.606**

PÁGINA 1 de 2

**ENTIDADE:**

Nome	Hieme - Higiene e Segurança no Trabalho, Lda.
Endereço	Largo Dr. Costa e Almeida, Edifício S. Gabriel - Sala A/H - Ap. 206 - 3780-216 Anadia

**INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO:**

Desp. Aprov. Modelo n.º	245.70.04.3.56	
Sonómetro	Marca / Modelo / Nº de série	01dB / Solo Premium / 61730
Microfone	Marca / Modelo / Nº de série	01dB / MCE 212 / 101178
Pré-amplificador	Marca / Modelo / Nº de série	01dB / PRE 21 S / 14984
Calibrador	Marca / Modelo / Nº de série	Rion / NC-74 / 34104534

**CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS:**

Classe	1
--------	---

**OPERAÇÃO EFECTUADA:**

Tipo / Data	Verificação Periódica / 17/10/2012
Rastreabilidade	Tensão contínua e alternada - Lab. Metrol. Eléct. ISQ (Portugal) Frequência - IPQ (Portugal) Nível de pressão sonora - Danak (Dinamarca)
Documentos de referência	Portaria 977/09 de 1 de Setembro de 2009 Proc. Interno PO.M-DM/ACUS 02, Ed. C tendo por base os documentos de referência Norma IEC 61672-3: 2006-10
Condições ambientais	Temp.: 23,5 °C Hum. Rel.: 51,0 % Pressão atmosf.: 99,8 kPa
RESULTADO	<b>Em conformidade com os valores regulamentares</b> <b>O Valor do erro de cada uma das medições efectuadas são inferiores aos valores dos erros máximos admissíveis para a classe do equipamento de medição</b>

Local / Data  
Oeiras, 17 de Outubro de 2012

Verificado por  
  
António Lopes

Responsável pela Validação  
  
Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O presente Boletim de Verificação só pode ser reproduzido no seu todo e apenas se refere ao(s) item(s) ensaiado(s).  
O equipamento é selado como consta no Despacho de aprovação de modelo respectivo.  
A operação de controlo metrológico efectuada é evidenciada apenas pela aposição no instrumento do símbolo respectivo como consta dos anexos da Portaria n.º 962/90 de 9 de Setembro

DM/065.2/07

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.



**CERTIFICADO DE VERIFICAÇÃO - cont**

**NÚMERO 245.70 / 12.606**

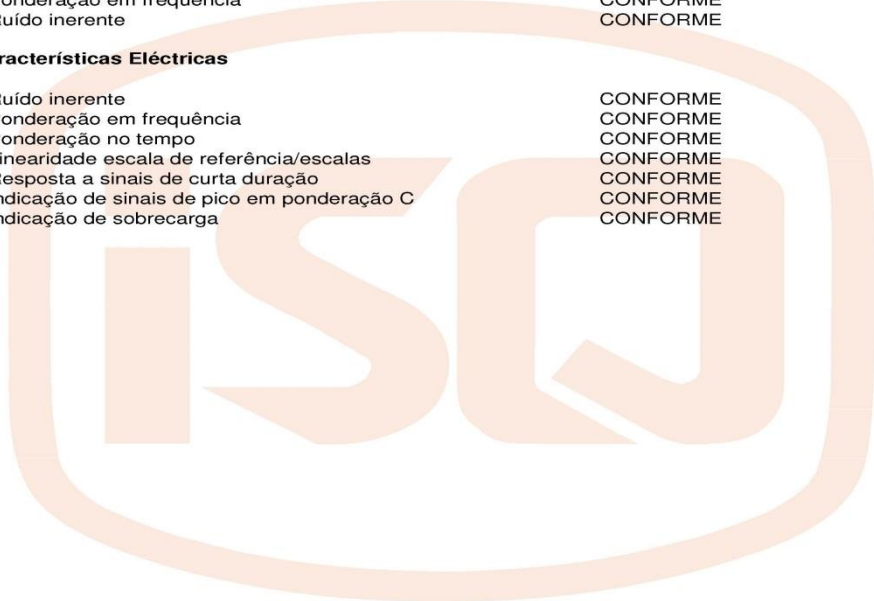
PÁGINA 2 de 2

**Características Acústicas**

Calibrador acústico	CONFORME
Condições de referência	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ruído inerente	CONFORME

**Características Eléctricas**

Ruído inerente	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ponderação no tempo	CONFORME
Linearidade escala de referência/escalas	CONFORME
Resposta a sinais de curta duração	CONFORME
Indicação de sinais de pico em ponderação C	CONFORME
Indicação de sobrecarga	CONFORME



Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

DM/065.2/07

**instituto de soldadura e qualidade**

Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal  
Tels.: +351 21 422 90 34/91 86/90 20 • Fax: +351 21 422 61 02

[labmetro@isq.pt](mailto:labmetro@isq.pt)

<http://metrologia.isq.pt>

Porto: Rua do Marante, 258 • 4415-491 Oñó • Portugal  
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 13/745 57 78





## CARTA DE CONTROLO METROLÓGICO

Data de emissão: 17 / 10 / 2012

Página 1 de 2

### EQUIPAMENTO

Tipo: Sonómetro Integrador  
 Marca: 01dB  
 Modelo: Solo Premium  
 Nº Série: 61730

Despacho de aprovação de modelo nº: 245.70.04.3.56  
 Classe de exactidão atribuída: 1

### ENTIDADE UTILIZADORA

**Hieme - Higiene e Segurança no Trabalho, Lda.**  
 Largo Dr. Costa e Almeida, Edifício S. Gabriel - Sala A/H  
 Ap. 206  
 3780-216 Anadia

### FABRICANTE / IMPORTADOR

MRA - Instrumentação para Medição, Registo e Análises, SA.

### OPERAÇÃO EFECTUADA

Data	ANO: 2010	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
26 / 04 / 2010	<input checked="" type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação	IEC 61672-3	Boletim nº 245.70 / 10.296	CONFORME
Data	ANO: 2011	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
13 / 09 / 2011	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input checked="" type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação	IEC 61672-3	Boletim nº 245.70 / 11.538	CONFORME
Data	ANO: 2012	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
17 / 10 / 2012	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input checked="" type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação	IEC 61672-3: 2006-10	Boletim nº 245.70 / 12.606	CONFORME

### OBSERVAÇÕES

Responsável pela Validação

  
 Luís Ferreira (Responsável Técnico)

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

DM/065.2/07



CARTA DE CONTROLO METROLÓGICO  
( CONTINUAÇÃO )

Página 2 de 2

OPERAÇÃO EFECTUADA

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			
	<input type="checkbox"/> 1ª Verificação <input type="checkbox"/> Verificação Periódica <input type="checkbox"/> Verificação Extraordinária <input type="checkbox"/> Banco de filtros <input type="checkbox"/> Tempo de reverberação			

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

DM/065.2/07

**instituto de soldadura e qualidade**

Liuboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Ceiras • Portugal  
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02

[labmetro@isq.pt](mailto:labmetro@isq.pt)

<http://metrologia.isq.pt>

Porto: Rua do Minente, 256 • 4415-491 Grijó • Portugal  
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78