

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 23/06/2019.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA**

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EDSEL FREITAS PORTILHO

**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UMA FONTE SONÓRA COM
DIRECIONAMENTO CONTROLADO, VOLTADO PARA EXAMES DE
AUDIOMETRIA.**

Ilha Solteira

2017

EDSEL FREITAS PORTILHO

**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UMA FONTE SONÓRA COM
DIRECIONAMENTO CONTROLADO, VOLTADO PARA EXAMES DE
AUDIOMETRIA.**

**Dissertação apresentado à Faculdade de Engenharia
do Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica. Especialidade em Mecânica
dos Sólidos.**

**Prof. Dr. João Antônio Pereira
Orientador**

Ilha Solteira

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P863e Portilho, Edsel Freitas.
Estudo e desenvolvimento de uma fonte sonora com direcionamento controlado, voltado para exames de audiometria. / Edsel Freitas Portilho. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
101 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Mecânica dos Sólidos, 2017

Orientador: João Antônio Pereira
Inclui bibliografia

1. Fonte sonora. 2. Propagação do som. 3. Espaço auditivo virtual. 4. Engenharia biomédica. 5. Exame audiométrico. 6. Equipamento exames audiométrico..

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Estudo e desenvolvimento de uma fonte sonora com direcionamento controlado voltada para exames de audiometria

AUTOR: EDSEL FREITAS PORTILHO
ORIENTADOR: JOAO ANTONIO PEREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA MECÂNICA, área: MECANICA DOS SÓLIDOS pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOAO ANTONIO PEREIRA
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SAMUEL DA SILVA
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ADRIANO SILVA BORGES
Engenharia Mecânica / UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Ilha Solteira, 23 de junho de 2017.

DEDICO,

Ao meu pai Dr. Edsel Emrich Portilho (in Memoriam), a minha mãe Nair Freitas dos Santos Portilho, meus educadores e eternos exemplos de retidão, e a meu filho Victor Gabriel S. F. M. Portilho, como exemplo que o aprendizado continuado e conhecimento são os maiores bens que um indivíduo possa adquirir e possuir, nessa oportunidade de passagem terrena.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela inspiração, oportunidade, amparo material, saúde e força espiritual para a realização desse trabalho.

Aos Meus Avós Paternos Epaminondas Portilho (in memoriam), exemplo busca pelo conhecimento gosto pelas ciências e engenharias, Else Emrich Portilho (in Memoriam), educadora exemplar, Avós maternos Benedito Alves dos Santos (in memoriam) , Alice Freitas dos Santos (in memoriam) por todo ensinamento, amor e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Antônio Pereira pela oportunidade concedida, confiança no meu trabalho, grande paciência, ensinamentos e, acima de tudo, pela amizade construída durante todos esses anos. Aos professores e educadores da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Dr. João Batista Aparecido, Dr. Amarildo T. Paschoalini, Dr. Márcio A. Bazani, Dr. Samuel da Silva, Prof. Msc Antonio E. Turra, Dr. Celso R. Sokei, Dr. José Luiz Gasche, Phd. Luiz de P. do Nascimento, Prof. Dr. Michael J. Brennan, Dr. Ruís C. Tokmatsu, Dr. Vicente L. Júnior, Dr. Vicente A. Ventrella, e a todos os funcionários e professores que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho em especial aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica.

Ao Reitor da UniRV Dr. Sebastião Lazaro Pereira, Diretor Msc. Nagib Yassim, aos diretores das Faculdades de Eng. Mecânica e de Produção da Universidade de Rio Verde, Prof. Dr. Warley Augusto Pereira, Prof. Dr. Giancarlo Ribeiro Vasconcelos e Prof. Msc. João Pires, pela confiança no meu trabalho na Universidade de Rio Verde.

Aos amigos que conviveram comigo durante minha passagem por Ilha Solteira: Ana Paula Guimarães, Daniella Cabral, Delma Erks, Diogo B. Fernandes, Daniel Fernando, Marcelo Rozan, Gustavo C. Jaime, Msc. Ronaldo Lourenço Ferreira. Aos amigos inspiradores Rosilene Ferreira, Ana Cláudia F. Bonfim, Sirlene Simpson, Fabio J. R. do Couto, Ricardo Latorraca, Mônica P. Castro, Derônise F., Dra. Huang Ying e Katia Leão, pelo apoio nas horas mais difíceis.

E principalmente, aos meus pais Dr. Edsel Emrich Portilho (in Memoriam), a minha mãe Nair Freitas dos Santos Portilho, a meu filho Victor Gabriel S. F. M. Portilho, Meus irmãos Edna Portilho de Souza, Edwal Freitas Portilho, Dra. Ednea Freitas Portilho, meu cunhado Edson Borges de Souza, e meus sobrinhos Ellen, Paulo Henrique e Ruan Portilho de Souza, Edsel Neto e Adna Alice, Isabela, Isadora e Otávio Leão Portilho, tios e demais familiares, aos quais caberiam inúmeras citações das contribuições em meu aprendizado de vida. Obrigado pela compreensão com minha ausência durante longos períodos desta jornada.

“Tudo deveria se tornar o mais simples possível, mas não simplificado.”

Albert Einstein

“Você tem que acordar cada manhã com determinação se você pretende ir para a cama com satisfação.”

George Lorimer

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

Martin Luther King

"O que falece aos nossos financeiros em geral é esse singelo rudimento da ciência das finanças: que o primeiro elemento de fertilização da terra consiste na fecundação do entendimento do povo; que a produtividade de um país está na razão direta da propagação da ciência entre os seus habitantes; que uma nação será sempre tanto mais pobre, quanto menos difundida se achar nas camadas populares a educação técnica e o saber positivo."

Rui Barbosa

"Não é possível refazer este país, democratizá-lo, humanizá-lo, torná-lo sério, com adolescentes brincando de matar gente, ofendendo a vida, destruindo o sonho, inviabilizando o amor. Se a educação sozinha não transformar a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda."

“Ai daqueles que pararem com sua capacidade de sonhar, de invejar sua coragem de anunciar e denunciar. Ai daqueles que, em lugar de visitar de vez em quando o amanhã pelo profundo engajamento com o hoje, com o aqui e o agora, se atrelarem a um passado de exploração e de rotina.”

Paulo Freire

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis

RESUMO

O presente trabalho trata do estudo de uma fonte acústica com direcionamento sonoro controlado. A proposta envolve o desenvolvimento do projeto de um equipamento de teste para uso biomédico na aplicação e análises fonoaudiológicas, em que é proposto o dimensionamento de uma fonte acústica direcional, com adequada isolamento e direcionamento do som emitido em relação ao posicionamento do ouvido do paciente, para ser usada dentro de um ambiente acusticamente isolado, dimensionado para permitir os testes, treinamentos e análise dos exames fonoaudiológicos relativos às percepções espaciais binaurais.

Palavras-chave: Equipamento. Biomédico. Fonoaudiologia. Teste. Fonte sonora. Acústica. Isolação acústica. Exame aural. Exames binaurais.

ABSTRACT

The present work deals with the study of an acoustic source with controlled sound direction. The proposal involves the development of the design of a test equipment for biomedical use in the application and phonoaudiological analyzes, in which it is proposed the dimensioning of a directional acoustic source, with adequate isolation and directness of the emitted sound in relation to the positioning of the patient's ear, To be used within an acoustically isolated environment, sized to allow the testing, training and analysis of speech-language pathology examinations related to binaural spatial perceptions.

Keywords: Cabin. Analyzer. Phonoaudiology. Tests. Accustic ambient isolation. Sound. power Sound box. Aural test. Binaural test. Registry. Analyzes. Biomedical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detector de aviação inimiga.	17
Figura 2 - Galpão Cardiff-Miller I.	18
Figura 3 - Galpão Cardiff-Miller II.	18
Figura 4 - Galpão Cardiff-Miller III.	18
Figura 5 - Orelha, Vista geral semi-esquemática; meato acústico externo, cavidade timpânica e tuba auditiva, bem como a parte petrosa do temporal aberto; vista anterior (D, 110%).	26
Figura 6 - Fisiologia do aparelho auditivo. Meato acústico externo; cavidade do tímpano e cóclea; corte frontal; Vista posterior. Direita.	25
Figura 7 - Direcionamento do som pela orelha	28
Figura 8 - Orelha externa; vista lateral, Direita.	28
Figura 9 - Cone de confusão: a) no plano horizontal e b) em perspectiva.	30
Figura 10 - Vista superior da colocação dos conjuntos de fontes sonóras nas laterais.	31
Figura 11 - cxs., com respectivos cones de propagação sonora, saindo das cornetas.	31
Figura 12 - L, L1 e L2 são as representações dos comprimentos de trajetória.	32
Figura 13 - Caminhos de Propagação do Som, Cones de Confusão e fonte virtual Vc.	33
Figura 14 - Caminhos de Propagação Som em Ambiente Acústico Virtual Bidimensional.	34
Figura 15 - Posicionamento espacial do ponto Virtual, Vc.	35
Figura 16 - Caminhos de Propagação do Som Ambiente Acústico Virtual Bidimensionais. Modelo.	39
Figura 17 -Vista superior da base do auto falante com a corneta direcional.	40
Figura 18 -Vista lateral em corte, do autofalante com a corneta direcional.	40
Figura 19 - Vista lateral em corte, autofalantes com as cornetas direcionais.	40
Figura 20 -Vista superior dos auto falantes dispostos a 45 graus.	41
Figura 21 - Modelo de posicionamento dos autofalantes, cabines de exames atuais.	42
Figura 22 - Representação em diagrama de blocos do projeto, monofônico.	42
Figura 23 - protótipo para teste da ideia básica do modelo da corneta.	44
Figura 24 - projeto do tampo com dimensionamento. Vista frontal.	44
Figura 25 - Foto dos cortes dos sulcos de saída de som no tampo.	45
Figura 26 - Projeto das peças para base dos autofalantes.	45
Figura 27 - Projeto do corte da base para formar o sulco da corneta.	46
Figura 28 - Foto da visão interna do duto da corneta.	46
Figura 29 - Foto da corneta fixada às bases do autofalante.	46

Figura 30 – Foto das cornetas fixadas ao tampo das caixas, vista lateral.	47
Figura 31 – Foto detalhe da colocação das cornetas na caixa.	47
Figura 32 – Foto detalhe da colocação das bordas do tampo. I.	47
Figura 33 – Foto detalhe da colocação das bordas do tampo. II.	48
Figura 34 – Foto detalhe da colocação isolamento acústica interna, entre as cornetas.	48
Figura 35 – Foto detalhe da isolamento acústica do autofal. central e do fundo da caixa.	48
Figura 36 – Foto detalhe da colocação da isolamento acústica interna e fundo.	49
Figura 37 – Foto detalhe da colocação da isolamento acústica interna.	49
Figura 38 – Foto detalhe dos autofalantes com da isolamento acústica interna.	50
Figura 39 – Foto terminando a colocação das ripas externas e acabamento Eucatex.	50
Figura 40 – Foto interna, com ligação parcial dos autofalantes.	51
Figura 41 – Foto interna da caixa com todos os autofalantes conectados.	51
Figura 42 – Foto pesagem das caixas terminadas.	51
Figura 43 – Foto da caixa pronta. Pesagem.	52
Figura 44 – Foto das caixas terminadas.	52
Figura 45 – Desenho do layout do quadro de controle.	53
Figura 46 – Foto da vista dos circuitos internos da caixa de controle.	53
Figura 47 – Foto caixa de controle terminada e desligada.	54
Figura 48 – Foto caixa de controle ligada, sem alimentação das chaves seletoras.	54
Figura 49 – Foto caixa de controle ligada, mas sem a seleção dos autofalantes.	54
Figura 50 – Foto da cx. controle ligada, com seleção canal esquerdo, autofal. Central.	55
Figura 51 – Foto cx. controle ligada, seleção dos dois canais e autofalantes centrais.	55
Figura 52 – Foto caixa ligada, com seleção dois canais e autofalantes anteriores, 1.	55
Figura 53 – Foto, com a seleção dois canais e autofalantes anteriores superiores 8.	56
Figura 54 – Foto, com a seleção mono canal e autofalante anterior superior direito 8.	56
Figura 55 – Esquema do campo sonoro ambiente com posição referencia do decibelímetro	57
Figura 56 – Equipamento, montagem para ensaio no laboratório.	58
Figura 57 - Decibelímetro, Digital Sound Level Meter.	58
Figura 58 - Amplitude de frequência no tempo, sinal de teste, $f=440\text{Hz}$.	59
Figura 59 – Posicionamento do equipamento de medição.	59
Figura 60 - Teste e medidas para o autofalante 1.	60
Figura 61 - Teste e medidas para o autofalante 5.	61
Figura 62 - Decibelímetro colocado na posição central, e as medições de cada autofalante.	62
Figura 63 - Decibelímetro colocado na posição 1, e as medições de cada autofalante.	63

Figura 64 - Decibelímetro colocado na posição 3, e as medições de cada autofalante.	63
Figura 65 - Decibelímetro colocado na posição 5, e as medições de cada autofalante.	64
Figura 66 - Decibelímetro colocado na posição 7, e as medições de cada autofalante.	64
Figura 67 - Timpanometria tipo A, B, C, As e Ad.	93
Figura 68 -. Teste de localização sonora em cinco direções.	95
Figura 69 - Protocolo de avaliação do teste da fala filtrada e fusão binaural.	97

LISTA DE ABREVIATURAS

AASI - *Aparelho de Amplificação Sonora Individual ou prótese auditiva*

ABA - *Academia Brasileira de Audiologia*

ABNT – *Associação Brasileira de Normas Técnicas.*

ANSI - *American National Standard Institute, "Instituto Nacional Americano de Padrões" semelhante a ABNT no Brasil.*

ASHA - *American Speech Hearing and Language Association – Associação Americana de fala, audição e linguagem.*

A.Px.D(dB) – *Amplitude do autofalante “x” Direito. (x = C,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)*

A.Px.E(dB) – *Amplitude do autofalante “x” Esquerdo. (x = C,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)*

BERA- *Respostas Auditivas de Tronco Encefálico*

CCEs - *Células Ciliadas Externas.*

CCIs - *Células Ciliadas Internas.*

DII – *Diferença de Intensidade Interaural.*

DTI – *Diferença de Tempo Interaural.*

EOA – *Emissão Otoacústica.*

EIA - *Encontro Internacional de Audiologia.*

FF - *fala filtrada.*

FB - *fusão binaural.*

Gap - *lacuna de frequência audível.*

HHIE - *Hearing Handicap Inventory for the Elderly. Inventariando as desvantagens ocorridas pelas perdas auditivas em idosos.*

HHIE-S - *Hearing Handicap Inventory for the Elderly – Screening, Triagem de inventario das desvantagem ocorridas pelas perdas auditivas em idosos.*

INMETRO - *Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial*

IPRF - *Índice Percentual de Reconhecimento de Fala,*

KLD - *King Level Difference,*

MID - *Midle ear Difference*

MLD - *Masking Level Difference*

NA - *Nível Audível ou Nível de Audição.*

NIS - *Nível de Intensidade Sonora.*

NPS - *Nível de Pressão Sonora.*

PTA - *Perda Total Auditiva*

SBFa - *Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*

SCAN - *Screening Test for Auditory Disorders, teste de triagem para desordem auditiva.*

SNC - *Sistema nervoso central.*

SOBRAC – *Sociedade Brasileira de Acústica*

SRT - *Limiar de Recepção de Fala; e*

SSW - *teste dicótico de dissílabos alternados.*

VAS - *Virtual Auditory Space, espaço auditivo virtual*

VETA – *Variações Espectrais Transferidas Anatomicamente.*

VERT – *Variações espectrais transferidas relacionadas com a cabeça.*

A.Px.DdB – Autofalante, posição X, Px e caixa Direita

A.Px.EdB - Autofalante, posição X, Px e caixa Esquerda.

Autofalantes – Central “C”, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 E A8.

Px – Posicionamento do decibelímetro, referentes aos autofalantes.

Px – PC, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8.

$V1=V_e$, amplitude da fonte esquerda e $V2=V_d$, amplitude do sinal da fonte direita.

V_c = Amplitude constante na direção resultante da fonte virtual.

Θ = Angulo formado entre a direção resultante da fonte virtual e eixo X.

Θ_o = Angulo formado entre a direção da fontes $V1, V2$ e eixo X.

γ = angulo entre o plano xy e o eixo z

L1 = Distância entre a fonte e ponto médios entre orelhas. Lado esquerdo.

L11 = Distância entre a fonte e orelha ipsilateral. Lado esquerdo.

L12 = Distância entre a fonte e orelha contralateral. Lado esquerdo.

L2 = Distância entre a fonte e ponto médios entre orelhas. Lado direito.

L21 = Distância entre a fonte e orelha ipsilateral. Lado direito.

L22 = Distância entre a fonte e orelha contralateral. Lado direito.

SÍMBOLOGIA.

A – Amplitude de onda.

cps – ciclos por segundo.

dB – Decibel

f – Frequência.

F_o – Frequência

F_p – Frequência fundamental.

F_r – Frequência percebida pelo ouvinte.

Hz – Hertz.

I – Intensidade.

I_o – Intensidade de referência.

kHz – Kilo Hertz

N/m² - Newton por metro quadrado.

V_f – Velocidade da fonte sonora em relação ao ponto fixo.

V_s – Velocidade do som

λ - Comprimento de onda.

μPa – Micro Pascal.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	OBJETIVO.	22
2.1.	A contribuição do projeto para a audiologia.	22
3.	REVISÃO DE LITERATURA.	23
4.	ESBOÇO GERAL DO PROJ. E FORMULAÇÃO DO ESPAÇO AUDITIVO	30
4.1	Formulação simplificada do modelo proposto.	31
4.2	Cornetas Direcionais e Montagem do Arranjo das Fontes.	39
4.3	Metodologia e Esboço do Projeto.	41
5.	EXECUÇÃO DO PROJETO.	44
6.	ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO.	57
6.1	Primeiro Ensaio.	60
6.2	Segundo Ensaio.	62
7.	CONCLUSÃO.	65
8.	TRABALHOS FUTUROS.	66
	REFERÊNCIAS.	67
	ANEXOS:	70
	ANEXO A - Anexo 1 da ISO 8253-1.	70
	ANEXO B - Anexo 2.1 - da Norma 8253-1.	71
	ANEXO C - Anexo 2.2 - da Norma 8253-1.	72
	ANEXO D - Anexo 3 - da norma 8253-1.	73
	ANEXO E - Recomendação CFFa nº11, de 08 de março de 2010.	74
	ANEXO F - Padronização internacional em audiologia.	80
	ANEXO G - Materiais e custo.	88
	ANEXO H – Ferramentas.	89
	ANEXO I - Programa de geração de ruído sonoro para teste.	90
	ANEXO J - Anotações áreas e limites sonoros, da norma ISO 8253-1.	91
	ANEXO K - Alguns exames auditivos.	92
	ANEXO K.1 - Audiometria tonal.	92
	ANEXO K.2 - Audiometria vocal/ Logoaudiometria.	92
	ANEXO K.3 – Timpanometria.	92
	ANEXO K.4 - Reflexo estapediano.	93
	ANEXO K.5 - Aparelho vestibular.	93
	ANEXO K.6 - Teste Pediátrico de Inteligibilidade de Fala (PSI).	94

ANEXO K.7 - Teste da Fala Filtrada.	94
ANEXO K.8 - Teste da Fusão Binaural.	94
ANEXO K.9 - Exame da Fala no ruído.	94
ANEXO K.10 - Teste da fala competitiva.	95
ANEXO K.11 - Teste de localização sonora em cinco direções.	95
ANEXO K.12 - Teste de (HHIE- S).	96
ANEXO K.13 - Weber audiométrico.	98
ANEXO K.14 - Audiometria vocal.	99
ANEXO K.15 - Limiar de Reconhecimento da Fala, Speech Reception Threshold(SRT) .	99
ANEXO K.16 - Limiar de Detecção de Fala (LDF), Speech Detective Threshlod (SDT) .	100
ANEXO K.17 - Índice Percentual de Reconhecimento da Fala (IPRF).	100
ANEXO K.18 - Audiometria de Altas Frequências	100

1 INTRODUÇÃO

A importância da percepção auditiva do ambiente.

É inegável a importância, para sobrevivência humana, a capacidade de se perceber o ambiente pelos ruídos e sons audíveis. Diante dessa necessidade o homem criou muitos sistemas, de forma a melhorar e permitir esta percepção. Desde o uso da mão, conchas de crustáceos, chifres de animais ou cones e auscultadores médicos, o ser humano busca a muito, desenvolver equipamentos das mais diversas formas para melhorar a percepção sonora espacial do ambiente em que se encontra. Desde o uso de curiosos sistemas de detecção, usados pela Inglaterra na segunda guerra mundial, figura 1, com a finalidade de identificar a aproximação da aviação inimiga e alertar as tropas.

Figura 1 - Detector de aviação inimiga



Fonte: Para os Curiosos (2016).

Atualmente uma experiência desta percepção espacial dá-se através da arte, no museu Inhotim de arte contemporânea, tem em exposição permanente o Galpão Cardiff & Miller, trabalho dos artistas George Bures Miller - Janet Cardiff, intitulado *The Murder of Crows*, (2008). O espaço é dedicado ao som e suas impressões sensoriais usando alto falantes, amplificadores, computador e diversos materiais. Trata-se de um trabalho com a percepção espacial do ambiente através do som, Cardiff e Miller, são artistas considerados artistas da vanguarda de uma geração, “*que emprega tecnologia de ponta em suas obras. Eles se valem de múltiplas linguagens, entre elas o vídeo, a instalação e a gravação sonora, para pesquisar a percepção audiovisual e a experiência do espectador, por meio da criação de*

Figura 2 - Exposição Galpão Cardiff-Miller ,Museu Inhotim, *The Murder of Crows*, 2008. I



Fonte: Cardiff-Miller (2008).

Figura 3 - Exposição Galpão Cardiff-Miller ,Museu Inhotim, *The Murder of Crows*, 2008. II



Fonte: Cardiff-Miller (2008).

Figura 4 - Exposição Galpão Cardiff-Miller ,Museu Inhotim, *The Murder of Crows*, 2008. III



Fonte: Cardiff-Miller (2008).

A localização sonora é considerada uma das principais habilidades relacionadas ao processamento auditivo e é possível pela possibilidade da audição binaural, que nos possibilita formas de interpretação do ambiente do externo e situação espacial. Esta habilidade auditiva para determinar a posição de uma fonte sonora no espaço, é realizada utilizando tanto pistas monoaurais percebidas por uma orelha, quanto das binaurais percebidas pelas duas orelhas. Dessa forma, um som que se origina do lado direito de um ouvinte chegará primeiro à orelha direita, que está mais próxima da fonte sonora e, após um breve intervalo alcançará a orelha esquerda, que está mais distante. A diferença no tempo de recepção do som pelas duas orelhas é que faz com que a primeira orelha estimulada indique a direção de origem do som. A interpretação da localização do som é realizada por meio do funcionamento das estruturas das vias do sistema nervoso central, principalmente em nível do tronco encefálico no complexo olivar superior e no córtex auditivo.

Dentre as atividades de estudo desta percepção, destaca-se o trabalho dos audiólogos, que tem sua área de interesse na investigação de como o som é interpretado pelo indivíduo. O que envolve aspectos da acústica, codificação neural, estudos comportamentais e psicofísicos. A avaliação e determinação dos principais aspectos envolvidos nessa interação interdisciplinar, dá-se com o uso de cabines ou em consultórios com ambiente sonoro controlado, sendo essas ferramentas importantes para os testes e exames audiométricos. Determinantes na pesquisa e análise da compreensão dos mecanismos pelos quais o sistema auditivo capta e codifica a direção do som e proporciona a percepção da localização da fonte sonora. São realizados testes que atendem desde infantes e adultos acidentados às pessoas de idade avançada, faixa etária onde a perda auditiva torna-se alta, causando riscos à saúde e a integridade física do indivíduo.

O problema detectado atualmente os equipamentos usados em clínicas e laboratórios fonoaudiológicos, de forma geral, se mostraram limitados quanto a gama de possibilidades dos exames oferecidos para análise do paciente, assim como o controle e a implementação de novas opções de testes, além de apresentarem problemas de padronização. Não permitindo alterar a posição da fonte sonora, nem permitindo alterar ou incrementar novos parâmetros para a análise binaural que possa auxiliar na avaliação da interpretação e cognição.

Este trabalho tem como intuito o estudo e desenvolvimento do projeto de um equipamento sonoro, para a realização de exames voltados à percepção sensorial espacial e audiometria em clínicas e laboratórios fonoaudiológicos, objetivando a realização de testes aurais e binaurais utilizados nos exames de avaliação audiológica básica, como a audiometria tonal liminar, limiar de recepção da fala, e índice percentual de reconhecimento da fala. O

projeto é de uma fonte sonora, atuando dentro do “cone de confusão”, apto a realizar alguns dos testes fonoaudiológicos existentes, quanto proporcionar o desenvolvimento de novas técnicas de treinamento auditivo e na adaptação e regulação dos sinais recebidos por portadores de aparelhos amplificadores auditivos individuais. O equipamento possibilitara a variação controlada de alguns parâmetros de forma a produzir variações e alterações nas direções da fonte de acordo com os limiares de audibilidade considerados normais, pela adoção do Padrão da norma ISO 7566. Norma esta, empregada para a determinação dos parâmetros de medidas dos limiares tonais, obtidos nas frequências sonoras audíveis pelo ouvido humano. Para tanto novas cabines e modelos de fontes sonoras para exames audiométricos, são estudados visando atender segmentos tais como a identificação, determinação e treinamento de portadores de déficits auditivos entre outros

No objetivo do projeto considerou-se que para o trabalho do audiologista, é importante que se tenha uma padronização de condições e parâmetros, permitindo a repetibilidade e confiabilidade nos testes e análises em consultório ou ambiente laboratorial. Necessita-se, desta forma, que as análises sejam feitas em um ambiente com as distâncias das fontes sonoras padronizadas com relação ao ouvido, permitindo controle do posicionamento ou direção do som emitido, da intensidade, duração e tempo de defasagem entre os sinais sonoros. Para a execução dos exames audiométricos, tanto como para permitir a opção de inserção de novos parâmetros de avaliação, tais como geração, corte e variação do sinal sonoro através de filtros para as frequências de maior importância no campo auditivo humano, é necessário o uso de equipamentos mais flexíveis que possibilitem uma melhor adequação para as diferentes condições de testes e avaliação.

O desenvolvimento deste sistema, envolve a montagem e avaliação de um arranjo de fontes sonoras direcionais a partir do uso de um conjunto de cornetas, para direcionar o som gerado na fonte (autofalante), de forma que fosse possível variar o controle de direção e intensidade do som. A distribuição e controle do som no espaço auditivo devem atender os requisitos de testes tais como identificação direcional, determinação e treinamento de portadores de déficits auditivos e usuários de Amplificadores Individuais. O controle das direções dos sons no espaço virtual auditivo poderia permitir simular situações em que o Fonoaudiólogo possa avaliar como o paciente se interage com o meio a sua volta e seus reflexos auditivos. Numa primeira etapa visamos a avaliação do arranjo proposto foi feita a partir da medição do som gerado por cada corneta dispostas nas diferentes direções, convergindo em um eixo monodirecional, como um eixo passando pelo centro do ouvido. Os testes nos protótipos foram realizados em uma sala com tratamento acústico e não em uma

cabine, visto que essa é uma tendência atual, de adotar o tratamento acústico dos consultórios de fonoaudiologia visando controlar acusticamente o ambiente, pelo isolamento acústico de toda área do consultório em substituição ao uso de cabine isolada.

Em resumo o texto apresenta inicialmente a introdução no capítulo 1, focalizando a área de conhecimento da pesquisa e área de abrangência da proposta. No capítulo 2, é tratado o Objetivo e a Contribuição do projeto para audiologia. No capítulo 3 apresenta uma revisão da literatura, com os conceitos básicos do sistema auditivo. No capítulo 4 é apresentado o esboço do projeto e formulação do modelo proposto, já o desenvolvimento e a execução do projeto é discutido no capítulo 5. O capítulo 6, apresenta os testes e ensaios do modelo, com a avaliação do protótipo. No capítulo 7 é apresentada a conclusão do trabalho. Capítulo 8, apresenta uma breve discussão e propostas para trabalhos futuros. No capítulo 9, tem-se as referências bibliográficas, no capítulo 10 temos alguns Anexos considerados mais importantes entre normas e apresenta dados de alguns exames auditivos, os quais forneceram dados e informações com as bases biométricas, que nortearam este trabalho. Trata-se de literatura com levantamento de alguns trabalhos na área audiológica, dos testes mais usuais, dos fundamentos básicos envolvidos no trabalho e normas técnicas das áreas audiológicas.

7 - CONCLUSÃO

Neste trabalho foi discutido e apresentado o estudo e desenvolvimento de um modelo de caixa de som como dispositivo voltado à percepção sensorial, espacial e audiométrica, objetivando a realização de testes aurais e binaurais utilizados nos exames básicos de avaliação audiológica. Foram utilizados um conjunto de cornetas ou colimadores para direcionar o som gerado em auto-falantes em um eixo, monodirecional. O desenvolvimento do sistema envolveu a montagem e avaliação do arranjo de fontes sonoras, de forma que fosse possível variar o controle de direção e intensidade do som. Testes experimentais de laboratório foram utilizados na avaliação da proposta.

Os resultados obtidos nos testes experimentais mostraram que o dispositivo proposto é capaz de colimar e direcionar o som para o ponto desejado e ainda permite mudar a direção do som de forma simples e controlada, o que poderia ser utilizado para identificação da direção do som em testes de audiometria.

Considero particularmente que o projeto é o desenvolvimento, bem sucedido, da teoria de um dispositivo que visa contribuir no estudo e desenvolvimento de novos equipamentos para laboratórios e salas audiológicas. É a concretização de uma ideia, a qual apresenta característica de inovação na busca de opções para exames, pois é de formato inédito e criado especificamente para auxílio aos tratamentos e no estudo das percepções auditivas espaciais. Considero entretanto, que os testes e resultados são avaliações da comprovada eficácia do equipamento e a continuidade no seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, poderá vir a ser uma contribuição social.

Edsel Freitas Portilho.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J. A. R. **Localização e simulação de som tridimensional**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadoras na Área de Telecomunicações) – Universidade do Porto, Porto, 1994.

CARDIFF, Janet B. & MILLER, George B.. *The Murder of Crows*, 2008. Museu Inhotim de arte contemporânea, exposição permanente Galpão Cardiff & Miller <http://www.inhotim.org.br/inhotim/arte-contemporanea/obras/galpao-cardiff-miller>

CARVALLO, R. M. M. et all. **Padrões timpanométricos em adultos jovens e em idoso**. In XII Encontro Internacional de Audiologia, Sta. Maria, 1997. Anais do XII Encontro Internacional de Audiologia, 1997.

CHOUERI, E. Y. **Optimal Crosstalk Cancellation for Binaural Audio with Two Loudspeakers**. Disponível em: <<https://www.princeton.edu/3D3A/Publications/BACCHPaperV4d.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. Padrão internacional em audiometria. 2015. Disponível em: <<http://www.fonoaudiologia.org.br/cffa/wp-content/uploads/2013/07/manual-iso.pdf>> ISO8253-7 >. Acesso em: 12 abr. 2017.

GATES, G. A. et al. Screening for handicapping hearing loss in the elderly. **The Journal of Family Practice**, Parsippany, v. 52, n. 1, p. 56-62, 2003.

MANZONI, C. T. (Coord.). **Ambiente acústico em cabina/sala de teste**. [S.l.: CFF, 2010. Disponível em: <http://www.fonoaudiologia.org.br/publicacoes/ambiente_acustico.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017. http://forl.org.br/Content/pdf/seminarios/seminario_22.pdf

MENDES, S. C. et al., Limiar diferencial de mascaramento: valores de referência em adultos. http://www.scielo.br/pdf/acr/v22/en_2317-6431-acr-2317-6431-2016-1746.pdf

MENEZES, P. L. **Localização de fontes sonoras por ouvintes normais em ambiente reverberante**. 2002. 95 f. Dissertação (Mestrado em Biofísica) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da saúde, Recife, 2002. Disponível em: <

http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/4980/arquivo4423_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y >. Acesso em: 12 jun. 2017.

PARA OS CURIOSOS. **Trabalhos extremamente estranhos que não existem mais**. 2016. Disponível em: < <https://www.paraoscuriosos.com/a2902/11-trabalhos-extremamente-estranhos-que-nao-existem-mais?page=2> >. Acesso em: 12 jun. 2017.

PEREIRA, L. D.; SCHOCHAT E., **Processamento auditivo central: manual de avaliação**. Lovise, 1997.

PINZAN-FARIA, V. M.; IORIO, M. C. M. Sensibilidade auditiva e autopercepção de handicap: um estudo em idosos. **Distúrbios da Comunicação**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 289-299, 2004. Disponível em: < <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/11651/8380> >. Acesso em: 10 jul. 2017.

PORTAL DA EDUCAÇÃO. Principais exames auditivos. 2016. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/fonoaudiologia/artigos/40833/principais-exames-auditivos>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

PULKKI, V. Uniform spreading of amplitude panned virtual sources. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE WORKSHOP ON APPLICATIONS OF SIGNAL PROCESSING TO AUDIO AND ACOUSTICS, New Paltz, 1999. **Proceedings of the...** New Paltz York: IEEE, 1999.

ROUSH, J.; TAIT, C. A. . Binaural fusion, masking level differences, and auditory brainstem responses in children with language-learning disabilities. **Ear Hearing**, Philadelphia, v. 5, p. 37-41, 1984.

RUSSO, I. C. P.; SANTOS, T. M. M. **Audiologia infantil**. São Paulo: Cortês, 1994.

RUSSO, I. C. P.; Distúrbios da audição: a presbiacusia. In: RUSSO, I. C. P. (org.). **Intervenção fonoaudiológica na terceira idade**. São Paulo: Ed. Revinter; 1999. p.51-82.

SILMAN, S.; SILVERMAN, C. A. Basic audiologic testing. **Auditory diagnosis-principles and applications**. San Diego: Singular, 1997. p 38-58.

SINDHUSAKE, D. et al. Validation of self-reported hearing loss: the blue mountains hearing study. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, v. 30, p. 1371-1378, 2001. < <http://ije.oxfordjournals.org/content/30/6/1371.full.pdf+html?sid=4381161e-e472-4002-bc9a-ce6508f868a2> >

SOBOTTA, J. **Atlas de anatomia humana**. 21 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. Cabeça Pescoço e extremidade superior.

SWEETOW, R. W.; REDDELL, R. C. The use of masking level differences in the identification of children with perceptual learning problems. **Journal of the American Auditory Society**, Philadelphia, v. 4, p. 52-56, 1978.

TAKEUCHI, T.; NELSON, P. A. Optimal source distribution for binaural synthesis over loudspeakers. **Journal of the Acoustical Society America**, Melville, v. 112, n. 6, p. 2786-2797, 2002. Disponível em: <<http://resource.isvr.soton.ac.uk/staff/pubs/PubPDFs/Pub1671.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

VENTRY, I. M.; WEINSTEIN, B. E. The hearing handicap inventory for the elderly: a new tool. **Ear and Hearing**, Philadelphia, v. 3, n. 3, p. 128-134, 1982.

VENTRY, I.; WEINSTEIN, B. Identification of elderly people with hearing problems. **Asha**, Rockville, v. 25, n. 7, p. 37-42, 1983.

YUEH, B. et al. J. et al. Screening for auditory impairment - which hearing assessment test (SAI - WHAT): RCT design and baseline characteristics. **Contemporary Clinical Trials**, Philadelphia, v. 28, p. 303-315, 2007.

ZEIGELBOIM, B. S. et al. Avaliação do processamento auditivo central em pacientes com doença de Parkinson. **Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 190-194, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aio/v15n2/a11v15n2>>. Acesso em: 12 ago. 2017.