



**Pró-Reitoria de Graduação  
Curso de Letras  
Trabalho de Conclusão de Curso**

**PROBLEMAS ACÚSTICOS EM AMBIENTES DE  
ENSINO DE LÍNGUAS ESTRANGEIRAS  
A PARTIR DA ABORDAGEM COMUNICATIVA**

**Autora: Bárbara Mendes Coutinho  
Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Chacon**

**Brasília - DF  
2013**

**BÁRBARA MENDES COUTINHO**

**PROBLEMAS ACÚSTICOS EM AMBIENTES DE  
ENSINO DE LÍNGUAS ESTRANGEIRAS  
A PARTIR DA ABORDAGEM COMUNICATIVA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Letras da Universidade Católica de Brasília como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Letras Português/Inglês.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Chacon

**Brasília  
2013**



Monografia de autoria de Bárbara Mendes Coutinho, intitulada “PROBLEMAS ACÚSTICOS EM AMBIENTES DE ENSINO DE LÍNGUAS ESTRANGEIRAS A PARTIR DA ABORDAGEM COMUNICATIVA”, apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Letras Português/Inglês da Universidade Católica de Brasília, em 28 de novembro de 2013, defendida e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

Prof. Dr. Thiago Costa Chacon  
Orientador  
Curso de Letras - UCB

---

Prof. Dr. Sérgio Luiz Garavelli  
Curso de Física - UCB

---

Prof. Esp. Rogério da Silva Sales Pereira

Brasília  
2013

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que participaram desse processo que me permitiu evoluir como pesquisadora, profissional e ser humano, capaz de viver em comunidade e exercer minha cidadania plena. À família pelo apoio, especialmente às minhas tias-mães Joelma e Joseilda Mendes pelo amor, dedicação e estímulo, especialmente à última por ter acompanhado cada passo, cada queda e ascensão; por ter me ensinado a renascer e encarar os desafios sem esmorecer.

Ao companheiro de todas as horas Mário Lúcio pela palavra certa, cuidado, carinho e compreensão sempre.

Às amigas Jussaria Nobre, Simone Maia e Livia Lopes pela companhia, apoio e encorajamento incondicionais.

Ao Professor Rogério Sales, pela oportunidade, gentileza e incentivo. Ao Professor Sérgio Garavelli pela disponibilidade e simpatia constantes, além do apoio incondicional que me deu para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Thiago Chacon, por ter recebido o projeto já em andamento, demonstrando grande empenho e por ter abraçado esta ideia.

E finalmente, em especial, à Professora Georgina Campos, com sua sensibilidade, esteve sempre disponível me encorajando neste trabalho.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

## RESUMO

É ascendente o interesse pelo aprendizado de Línguas Estrangeiras, devido à crescente integração entre os povos, principalmente com finalidades comerciais. Nesse mesmo sentido caminham as instituições de ensino, que têm aprimorado os métodos e adotam hoje, em sua maioria, a Abordagem Comunicativa de Ensino de Línguas Estrangeiras, que prima pela capacidade real de comunicação do aluno utilizando o idioma estudado. Essa abordagem tem como cerne o aprendizado a partir do desenvolvimento simultâneo das quatro habilidades: o aluno deve ser capaz de ler, escrever, falar e compreender a língua alvo. Principalmente, para a realização das atividades de escuta, torna-se imprescindível que o ambiente seja acusticamente melhor preparado para a realização das aulas. Esse trabalho se propõe a analisar acusticamente uma sala de aula da Universidade Católica de Brasília para fins de Ensino de Línguas Estrangeiras, de modo a perceber as dificuldades enfrentadas pelos professores e alunos, bem como o prejuízo no aprendizado decorrente das desvantagens acústicas. E finalmente sugerir neste trabalho algumas formas de minimizar ou até mesmo acabar com esses problemas.

Palavras-chave: Ensino. Língua Estrangeira. Abordagem Comunicativa. Acústica. Inteligibilidade da fala.

## **ABSTRACT**

The interest to learning foreign Languages is increasing by a rising integration between people in particular business purpose. In the same way the learning institutions that have enhanced the methods and adopt today, mostly the Communicative Approach Teaching of Foreign Languages, and stands for an actual capacity of communication to the pupil using the idiom studied. The essence of this research process it is based on concurrent development of the four skills: the student must be able to read, write, speak and understand the target language. Especially for the listening activities becomes essential turn the environment acoustic better prepared to conduct the class. The aim research is to analyze one classroom acoustically at the University Catholic of Brasília for a purpose the Teaching of Foreign Languages, in order to realize the difficulties faced by the educator and the pupil, as well as some losses resulting from this acoustic disadvantage may cause on learning process. And finally suggest in this work some simple ways for minimize or even ending with these problems.

**Keywords:** Teaching. Foreign Language. Communicative Approach. Acoustic. Speech Intelligibility.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES – GRÁFICOS

<b>Ilustração 1 .</b> Concentração da energia sonora da fala – bandas de oitavas _____	31
<b>Ilustração 2 .</b> Formantes $f_1$ e $f_2$ de vogais da Língua Inglesa _____	33
<b>Ilustração 3 .</b> Gráfico frequências /i/ _____	38
<b>Ilustração 4.</b> Gráfico frequências /u/ _____	39
<b>Ilustração 5.</b> Gráfico frequências /æ/ _____	39



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Ilustração 6 .</b> Posição $P_1$ _____	52
<b>Ilustração 7 .</b> Posição $P_2$ _____	53
<b>Ilustração 8 .</b> Posição $P_3$ _____	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação dos valores de STI _____	30
<b>Tabela 2.</b> Valores dos formantes $f_1$ e $f_2$ das vogais /i/, /u/ e /æ/ _____	33
<b>Tabela 3.</b> Tempo de reverberação – medidas na Posição $P_1$ _____	37
<b>Tabela 4.</b> Tempo de reverberação – medidas na Posição $P_2$ _____	37
<b>Tabela 5.</b> Tempo de reverberação – medidas na Posição $P_3$ _____	37
<b>Tabela 6.</b> Valores de STI _____	38
<b>Tabela 6.1.</b> Valores de STI/Sala _____	38
<b>Tabela 7.</b> Valores C80/Sala _____	38

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1. ABORDAGEM COMUNICATIVA</b>	<b>13</b>
1.1. HABILIDADES	14
<b>2. FONÉTICA</b>	<b>18</b>
2.1. FONÉTICA ACÚSTICA	19
2.2. ONDAS SONORAS E O AMBIENTE EDUCACIONAL	20
2.3. INFLUÊNCIA ACÚSTICA DO AMBIENTE NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE UMA LÍNGUA ESTRANGEIRA	22
<b>3. CONFORTO ACÚSTICO E INTELIGIBILIDADE DA FALA</b>	<b>25</b>
3.1. CONCEITOS	25
3.1.1. CONCEITOS BÁSICOS	25
3.1.2. CARACTERÍSTICAS DO SOM	26
3.1.3. INTERAÇÃO ENTRE SOM E AMBIENTE	27
3.1.4. ACÚSTICA DE SALAS E O FENÔMENO DA FALA	31
3.2. NORMATIZAÇÃO	34
<b>4. PESQUISA DE CAMPO</b>	<b>36</b>
4.1. RESULTADOS	37
<b>5. ANÁLISE DE DADOS</b>	<b>40</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>46</b>
<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO E ELETRÔNICO</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO</b>	<b>52</b>

## INTRODUÇÃO

A necessidade crescente de dominar duas ou mais línguas para obter sucesso em diversas áreas da vida, principalmente no campo profissional, tem levado as pessoas a procurar Centros de Ensino de Línguas Estrangeiras.

Esses centros vêm modernizando constantemente a forma com que trabalham, utilizando, atualmente, a metodologia de ensino conhecida como *Abordagem Comunicativa*, que preconiza a capacidade real de comunicação dos estudantes com falantes nativos da língua estudada (RICHARDS, 2006, p.26). Com essa abordagem, ao entrar na sala de aula, o aluno passa a integrar um mundo imerso na cultura estrangeira, desenvolvendo com maior naturalidade a linguagem, sem realizar traduções, que nem sempre adaptam uma língua/cultura à outra.

Durante esse processo de absorção tanto da língua quanto da cultura estrangeira, a Abordagem Comunicativa sugere que sejam exploradas as quatro habilidades simultaneamente: o aluno tem de ser capaz de ler, escrever, falar e entender a língua estudada (LEFFA, 1988, p.216). Assim, é possível observar a importância e a influência do ambiente nesse tipo de relação ensino-aprendizagem, sobretudo para as habilidades de produção e compreensão oral.

A proposta desse estudo é a de analisar acusticamente o ambiente de Ensino de Línguas Estrangeiras, ressaltando os resultados na relação ensino-aprendizagem. Para realizar essa pesquisa, tomou-se por principais parâmetros: a Abordagem de Ensino de Línguas mais utilizada atualmente – a Abordagem Comunicativa (RICHARDS E RODGERS, 1986; RICHARDS, 2006), suas características e interações, e ainda, medições acústicas em uma sala onde são ministradas aulas com a aplicação dessa abordagem de ensino.

Para desenvolver a comunicação, o cérebro humano exige um determinado nível de entendimento do que é dito. Para falantes nativos de uma língua esse nível é considerado bom quando acima de 90% de compreensão, pois a memória é capaz de completar as palavras que foram mal captadas ou completar as frases levando em consideração o contexto e demais conhecimentos linguísticos e socioculturais (NEPOMUCENO, 1994, p.66). Contudo, os estudantes de Língua Estrangeira possuem o vocabulário, a Fonologia e o conhecimento sobre a morfossintaxe da língua alvo ainda em formação, ou seja, para os estudantes de Língua Estrangeira não existe um acervo capaz de completar o que não foi absorvido pela audição.

A audição é a atividade mais explorada durante as aulas, sendo, portanto, o fator que merece maior atenção. Para que os sons sejam adequadamente recebidos e processados é necessário um bom nível acústico que possibilite que as ondas sonoras sejam transmitidas sem deturpações significativas, bem como um bom nível de conforto acústico para uma melhor relação ensino-aprendizagem entre professores e alunos.

Para analisar os sons produzidos em uma língua existe a área da linguística denominada Fonética, dividida em três partes: a Fonética Articulatória tem por objeto de estudo a produção dos sons; a Fonética Auditiva analisa a recepção dos sons e, finalmente, a Fonética Acústica, que estuda as propriedades físicas dos sons e será abordada neste trabalho em associação com a Física Acústica. O principal objetivo é o de possibilitar uma abordagem interdisciplinar sobre a transmissão dos sons, a dinâmica das ondas sonoras, as perdas de energia sonora entre o emissor e as influências do ambiente de propagação do som, entre outros.

A análise do ambiente ideal para a realização de atividades escolares tomou como parâmetro: a) as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR10151 e NBR10152, que determinam como serão realizadas as medidas acústicas em diversos ambientes habitados definem os níveis de ruído e conforto acústico para diversas atividades, dentre elas as escolares; e b) por analogia, o Decreto Distrital nº 20.769/1999, que institui regras para a construção de edificações com finalidades educacionais no Distrito Federal.

Partindo da análise da legislação vigente e os níveis por ela determinados, foi realizada medição acústica, em parceria com o Curso de Física, em sala de aula da Universidade Católica de Brasília, utilizada para aulas de Língua Estrangeira, nas quais os professores utilizam a Abordagem Comunicativa de Ensino, que exige níveis de conforto acústico e inteligibilidade da fala compatíveis com tal atividade.

Para demonstrar algumas das perdas sonoras, foram escolhidos três sons vocálicos para a comparação das condições acústicas do ambiente e as frequências sonoras das vogais.

## 1. ABORDAGEM COMUNICATIVA

Após a Revolução Industrial, quando o objetivo passou a ser o de facilitar a integração entre pessoas de diferentes nações e, conseqüentemente, suas relações comerciais, a necessidade de saber uma segunda língua aumentou exponencialmente e, da mesma forma, o número de métodos utilizados para facilitar esse aprendizado.

O Ensino de Línguas Estrangeiras<sup>1</sup> tem como princípio a necessidade de comunicação entre as nações e os povos, estimulada por diversas motivações que vão desde as questões diplomáticas, militares, sociais até as econômicas, que atingem grande parte da população que enche as salas de aulas atualmente. Desta maneira, o Ensino de Línguas Estrangeiras tem avançado no sentido de fornecer ao aprendiz habilidades efetivas de comunicação, deixando para trás o jeito de aprender arcaico, baseado na memorização de regras, passando a adotar a chamada Abordagem Comunicativa de Ensino.

De acordo com Richards e Rodgers (1986, p.67), a Abordagem Comunicativa – Communicative Approach – tem como principal objetivo a comunicação real na Língua Estrangeira, isto é, salienta que o idioma aprendido seja utilizado para as mais diversas funções da linguagem, como pedir, prometer, persuadir. Desta forma, a principal meta desta Abordagem de Ensino é fazer com que o aluno desenvolva a competência comunicativa.

O conceito de *competência comunicativa* parte dos estudos de Dell Hymes, que afirmam estarem inseridos na realidade do falante os relacionamentos socioculturais e as emoções, além dos diversos estados psicológicos. Chomsky chamava de competência o conjunto de conhecimentos adquiridos sobre a língua, entretanto, Hymes observa que competência comunicativa é a habilidade de utilizar esse conhecimento e efetivar a comunicação, com codificação e decodificação da mensagem. Apesar de basear seus estudos na teoria de Chomski, para Hymes, saber montar sentenças não faz do aprendiz um falante, e sim, a capacidade de compreender o outro e se fazer entender utilizando a língua estudada (OLIVEIRA, 2007, p.65).

Segundo Richards (2006, p.3), a competência comunicativa difere da competência gramatical – a habilidade de formar puramente sentenças na Língua Estrangeira. A competência comunicativa engloba diferentes aspectos no tocante ao conhecimento

---

<sup>1</sup> O conceito de Ensino de Língua Estrangeira aplicado inclui o Ensino de Segunda Língua, tendo em vista que o objetivo do presente estudo estende-se a ambos.

linguístico, dentre eles, a capacidade de utilizar o idioma para as diversas funções da linguagem, como fazer solicitações, convencer o ouvinte etc.; saber variar o discurso de acordo com o interlocutor e a situação, sendo mais formal ou informal; dominar a produção e interpretação de diferentes tipos de gêneros textuais, como entrevistas, dissertações e artigos; saber manter a comunicação mesmo diante de um problema de conhecimento da língua e adotar estratégias de argumentação.

Richards (2006, p.4) explica que o processo de aprendizagem a partir da Abordagem Comunicativa de Ensino resulta da interação entre os aprendizes e usuários da língua, da construção conjunta de sentido e da troca de informações que geram uma negociação entre interlocutores. Quando o aprendiz escuta e compreende o que é dito, incorpora expressões a seu vocabulário e passa a entender o sistema interno da língua na prática, sem decorar uma lista de regras.

O autor indica que o aprendizado baseia-se na experiência de buscar novas formas de discurso, de modo a proporcionar uma conversação efetiva entre os aprendizes e os falantes da língua, levando à consequência real da língua: estabelecer a comunicação. A Abordagem Comunicativa parte de alguns pressupostos que diferem das metodologias tradicionais de ensino, depositando a autonomia de estudo sobre o estudante, tirando o foco da aula do professor e colocando-o na língua.

Partindo do princípio que o homem é um ser coletivo e a linguagem é instrumento de sociabilidade, a Abordagem Comunicativa pressupõe o ensino social da língua, como meio de integração entre os indivíduos e a consequente troca de informações. Dessa maneira, existe a diversificação do aprendizado, visto que cada indivíduo aplicará suas experiências, seu conhecimento prévio, interior e exterior ao ambiente de ensino-aprendizagem, enriquecendo com assuntos diversos o ensino, que passa a não ensinar tão somente a Língua Estrangeira, mas integrar culturas e pessoas.

No intuito de estabelecer a comunicação em toda a sua amplitude, a Abordagem Comunicativa pauta o ensino no estímulo simultâneo das quatro habilidades da linguagem: ler, escrever, falar e entender a língua estudada.

### 1.1. HABILIDADES

Por muito tempo acreditou-se que saber uma língua era deter conhecimentos sobre a sua gramática, até que os estudos de Dell Hymes (1972, apud Portela, 2013, p.55) transformaram esse conceito, defendendo que a finalidade da língua é a *comunicação*. Assim,

a Abordagem Comunicativa pressupõe uma motivação e uma necessidade do indivíduo em se comunicar.

Além de transmitir a mensagem, o falante deve saber adequar o discurso e a comunicação como um todo (gestos, tom de voz, expressões faciais, contextualização), a fim de fornecer ao ouvinte todas as informações centrais e complementares para a interpretação. (PORTELA, 2013, p. 56)

Littlewood (1984, apud Portela, 2013, p.56) complementa esta concepção, afirmando que a aquisição da competência comunicativa se dá quando do desenvolvimento das habilidades da linguagem. Segundo ele, esse aperfeiçoamento envolve tanto o aspecto cognitivo quanto o comportamental. Segundo Portela (2013, p.56), o aspecto cognitivo refere-se à internalização de regras gramaticais, seleção de vocábulos e convenções sociais envolvidas com a fala, enquanto os aspectos comportamentais dizem respeito à automatização dessas estruturas a fim de tornar a comunicação fluente, transformar sistemas em desempenho, converter teoria em prática, explorando todo o complexo conjunto envolvido no processo de comunicação.

Baseado nessa teoria avançou o ensino pautado no desenvolvimento das quatro habilidades, ou seja, as formas mais comuns de se comunicar: falar, entender, ler e escrever.

Segundo Littlewood (1984, apud Portela, 2013, p.56), o estudante de Línguas Estrangeiras deve ser capaz de desempenhar sem dificuldade as seguintes atividades:

- Participar de uma conversa onde há a necessidade de falar e de entender o que é dito;
- Assistir a um filme, uma palestra, conferência ou ouvir música e compreender a mensagem;
- Ler textos e interpretá-los;
- Escrever textos com coerência.

A partir dessa exposição, presume-se que o falante necessita deter conhecimentos variados da aplicação da língua estudada, a fim de compreender diferentes tipos de músicas e ritmos musicais, saber se comportar diante dos mais variados ouvintes (em situações formais ou informais), compreender diversos tipos de textos como propagandas, anedotas, textos jornalísticos e informes – tanto escritos quanto falados – além de saber se expressar por escrito de maneira adequada.



Canail e Swain (1980, apud Portela, 2013, p.57), observam que é de extrema importância que o aluno tenha o domínio de todas essas dimensões no momento de desenvolver sua produção, para que assim consiga estabelecer efetiva comunicação.

Dentre as quatro habilidades da linguagem as mais utilizadas, tanto na vida cotidiana quanto no ambiente de sala de aula (entre outras situações reais de comunicação) são a fala e a compreensão do que é dito. Assim, as atividades de ensino devem ter atenção especial para o desenvolvimento destas, fornecendo ao aluno capacidade de comunicação efetiva com o falante nativo.

Segundo Richards (2008, p.1), o exercício da compreensão no Ensino de Línguas Estrangeiras tem atraído um nível cada vez maior de interesse nos últimos anos, visto que testes de diversas entidades, inclusive exames de admissão e de certificação em universidades, passaram a cobrar esse item como nivelamento de proficiência em uma segunda língua.

Recentemente a competência de escuta e compreensão (*listening*) passou a ser vista como a capacidade de reconhecer diferentes aspectos da língua como versões reduzidas de palavras, analisar a coerência e identificar palavras-chave de textos. Perceber diferentes entonações e entender as regras do discurso são aptidões imprescindíveis. *Escutar* deixa de ser somente compreender o que é dito para ser a efetiva interpretação do discurso com todas as suas nuances (organização da argumentação falada, leitura adequada do texto escrito, discernimento das intenções do discurso, entre outras) (RICHARDS, 2008, p.1).

Essa mudança de avaliação da habilidade de compreensão do idioma estrangeiro conduziu o ensino a uma reformulação. É necessário dirigir as atividades no sentido de fornecer ao estudante as competências de interpretação, raciocínio crítico sobre o que é ouvido, entender as regras da língua falada e as estratégias para facilitar esse aprendizado. Atualmente a compreensão da oralidade da língua é um aspecto determinante na apreensão do idioma, possibilitando mensurar o nível de domínio do aprendiz.

O questionamento feito por Richards (2008, p.1) é: como a atenção do ouvinte à linguagem por ele ouvida pode facilitar o aprendizado da segunda língua?<sup>2</sup> Esse exercício qualifica o aprendiz a internalizar as regras do idioma estudado, incorporar novas palavras, expressões e estruturas, capacitando-o a desenvolver a efetiva capacidade comunicativa proposta por Hymes, além de fornecer-lhe todas as ferramentas necessárias ao desenvolvimento de outra habilidade extremamente importante: falar.

---

<sup>2</sup> Tradução livre.

Segundo Richards (2008, p.2), o Ensino de Línguas Estrangeiras sofreu forte influência de modismos passageiros. Na década de 1970, a habilidade de falar uma segunda língua era estimulada a partir de repetições de sentenças pronunciadas pelo professor, memorização de diálogos prontos e os chamados “*drills*” – estruturas formadas onde apenas uma unidade linguística deve ser trocada durante as repetições (o verbo de uma frase, quando a unidade estudada trata de verbos, por exemplo). Nos anos 1980 emergem as metodologias de ensino baseadas na construção de noções de estruturas e funcionalidade, além de observar aspectos não gramaticais da língua, características que perduram até os dias atuais.

Note-se que o aprendiz deve ser orientado a desenvolver estratégias de comunicação e à construção de sentido, aptidões consideradas essenciais ao desenvolvimento de habilidades verbais (RICHARDS, 2008, p.2).

A ideia de ter a Língua Inglesa como um idioma internacional leva à revisão da noção de competência comunicativa para incluir a noção de competência intercultural. Esse entendimento permite celebrar o aprendizado do idioma estrangeiro como um aspecto que atravessa a cultura, onde o foco deixa de ser livros-texto escritos em língua padrão utilizados em sala de aula para ser a comunicação real e efetiva de aprendizes com falantes nativos e não nativos.

Explorando as aptidões de falar e entender a Língua Estrangeira estudada, a comunicação verbal em sala de aula passa a ser o foco de ensino, complementado com atividades de leitura e escrita. Por conseguinte, os sons protagonizam as aulas, desempenhando papel principal no processo de ensino-aprendizagem.

Bem como a linguagem é objeto de estudo da linguística, o estudo dos sons envolvidos durante o processo de Ensino de Línguas Estrangeiras deve ser analisado a partir da óptica da linguística, mais especificamente da área designada ao estudo dos sons da linguagem: a Fonética.

## 2. FONÉTICA

O estudo dos sons divide-se em Fonética e Fonologia, que diferem quanto ao foco de estudo. Enquanto a Fonologia ocupa-se do estudo dos sons como elementos que integram um sistema linguístico, a Fonética descreve os sons da linguagem e analisa suas propriedades articulatórias, acústicas e perceptivas (CALLOU E LEITE, 1993, p.11). Para o presente estudo interessará a Fonética, tendo em vista que o objetivo é a análise da transmissão sons e a descrição dos mesmos.

Segundo Rio-Torto (1998, p.24):

“tendo por matéria-prima o contínuo sonoro que a fala consubstancia, a **Fonética** apresenta-se como uma **disciplina tridimensional**, em que se coarticulam uma vertente física/acústica, uma vertente fisiológica/articulatória e uma vertente auditivo-perceptiva”.

Para Ashby (2011, p.12)<sup>3</sup>, Fonética e Fonologia são disciplinas dialógicas e justifica que a Fonologia depende dos estudos fonéticos para apoiar seus argumentos, tendo em vista que a descrição do sentido e das ações do discurso, realizadas pela primeira, depende dos sons da linguagem, da entonação e todos os elementos fonéticos aplicados ao discurso.

A autora cita que os estudos fonéticos partem dos *fonemas*, ou seja, o menor elemento sonoro capaz de distinguir significado entre as palavras. Assim, pode-se comparar, por exemplo, *alofones*, isto é, diferentes realizações do mesmo fonema. Dessas análises partem os demais conceitos fonéticos, os estudos dos diferentes sons da linguagem, das diferentes realizações destes, das diversidades entre as línguas e os demais estudos que envolvem o comportamento desses sons.

Dessa maneira, analisando os estudos dos sons da linguagem, diferem-se as três áreas mais difundidas da Fonética: a Fonética Articulatória, que estuda a produção do som pelo falante, a Fonética auditiva, que se ocupa da recepção do som pelo ouvinte e a Fonética Acústica, que analisa o comportamento do som no ambiente, as características das ondas sonoras desde a transmissão até a recepção e todas as interferências nesse trajeto.

Segundo Silva (2002, p.23), “a fonética é a ciência que apresenta os métodos para a descrição, classificação e transcrição dos sons da fala”, tendo como principais áreas de interesse: a produção da fala do ponto de vista fisiológico e articulatório, as análises da percepção da fala, as propriedades físicas da fala, levando em consideração o apoio dos

---

<sup>3</sup> Tradução livre.

instrumentos laboratoriais e o estudo das propriedades físicas dos sons da fala a partir de sua transmissão do falante ao ouvinte.

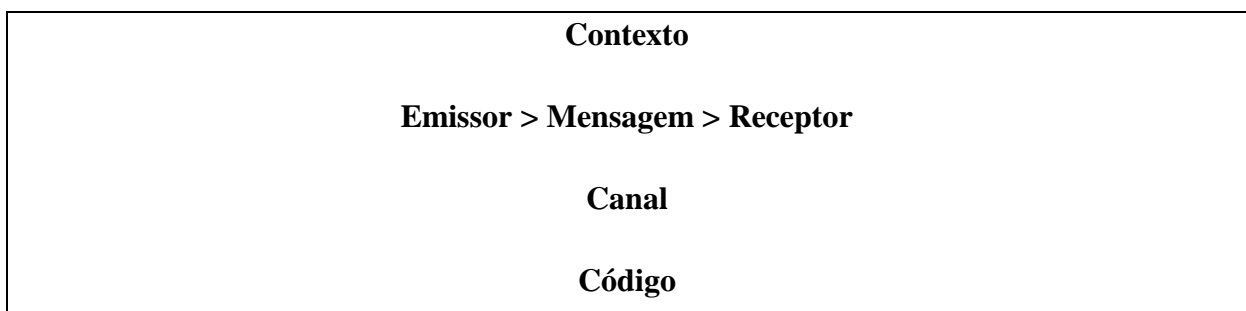
Segundo Henriques (2012, p.6), a Fonética tem se modernizado, enriquecendo seus estudos e “aproximando-se das ciências físicas e biológicas, interessa-se pelos efeitos acústicos elementares que a nossa audição apreende como unidades sônicas, produzidas pela articulação dos órgãos fonadores”.

a Fonética é encarada como a área do saber que se ocupa das propriedades físicas, articulatórias e perceptivas dos sons da fala. Ela estuda portanto as possibilidades articulatórias do aparelho fonador humano, os mecanismos de produção e de audição dos sons e, também as características físicas das ondas que [pe]recebemos como unidades fônicas. É com base nesta tripla dimensão que se fala em Fonética Acústica, de Fonética Fisiológica ou Articulatória e de Fonética Perceptiva. Uma breve referência à Fonética Experimental, à Fonética Histórica e à Fonética Normativa (aos objetos, aos métodos e à importância de cada uma) visa circunscrever o âmbito da disciplina através do conhecimento de suas vertentes mais exploradas. (RIO-TORTO, 1998, p.22).

Segundo Grève e Passel (1975, p.53), “o foneticista recorre aos métodos próprios da física para realizar seus estudos sobre os elementos sonoros da linguagem”, o que torna a Fonética Acústica uma disciplina autônoma que possui termos e conceitos em comum com a Física, o que permite a interdisciplinaridade e o dialogismo constantes.

## 2.1. FONÉTICA ACÚSTICA

Qualquer ato de comunicação pressupõe pelo menos dois envolvidos: um emissor (a pessoa que fala) e um receptor (a pessoa que ouve). Para que a comunicação seja efetivada é necessário que um produza a mensagem e o outro a receba e a decodifique, interprete e compreenda. Jakobson (1960, apud Sousa, 2006, p.89)<sup>4</sup>, apresentou um modelo de comunicação a partir do prisma da linguística, estabelecendo a ponte entre as escolas processuais e a semiótica. Tradicionalmente esse modelo é traduzido como:



<sup>4</sup>Adaptado.

A partir desse modelo depreende-se o objeto de análise da Fonética: o canal. Entre emissor e receptor há a mensagem e a necessidade de um canal que permita o trânsito adequado do som, a fim de possibilitar a compreensão e consequente interpretação dessa mensagem, efetivando a comunicação.

Analisar o aspecto acústico da mensagem proferida é observar os aspectos físicos do som, bem como seu comportamento até a recepção. Desde 1848, com a publicação dos estudos de Müller, físico alemão que relacionou os estágios articulatórios e acústicos da fala, foram obtidos resultados importantes por diversos estudiosos da área, que vieram fortificar as bases da Fonética Acústica como disciplina linguística autônoma.

Ao presente estudo interessará o percurso do som e suas características, observadas as propriedades físicas das ondas sonoras (frequência, amplitude, período), além das condições de propagação destas, os mecanismos de ressonância e a interação com o ambiente.

Para Ashby (2011, p.9), um aspecto das medições instrumentais dos sons da fala está relacionado com a física e envolve a medição de ondas sonoras – a parte invisível do discurso. Segundo a autora, os distúrbios no ar entre falantes e ouvintes causados pela ação das ondas sonoras são analisados através de medições acústicas com diversas finalidades. Atualmente as medições acústicas podem ser feitas facilmente com a ajuda de um computador, microfones e softwares como WASP ou Praat, programas que permitem processar as gravações de voz e analisar as formas de onda em grande detalhe. Essas medições e a análise do comportamento das ondas sonoras podem definir, entre outras coisas, a adaptabilidade do ambiente educacional ao processo ensino-aprendizagem que ali ocorre.

Do diálogo com a Física, a modernização da Fonética e da Linguística como um todo, surge a oportunidade de entender as interações entre ambiente educacional e ondas sonoras, com vistas ao Ensino de Línguas Estrangeiras, de modo a compilar as principais características que tornam esse tipo de ambiente adequado do ponto de vista acústico e propício ao processo ensino-aprendizagem.

## 2.2. ONDAS SONORAS E O AMBIENTE EDUCACIONAL

Durante as aulas há diversos tipos de ondas sonoras emitidas por diferentes fontes. Além do som da voz do professor, há os ruídos internos e externos à sala de aula, como a conversa entre os alunos, o barulho que vem do corredor, agentes externos à escola como

aviões ou carros que passam na rua. Entretanto, o ruído interno da sala de aula, causado pelos próprios alunos, é o que mais interfere no aprendizado, obrigando os estudantes a “hierarquizar um estímulo sonoro em detrimento dos demais” (RUSSO, 1999, p.217).

Desta maneira, existe a necessidade de os alunos se esforçarem para o entendimento da fala do professor, enquanto o professor precisa de um esforço maior para se fazer entendido.

Segundo Russo (1999, p. 216):

“os problemas acústicos decorrentes da distância do aluno em relação ao professor, perda da energia de fala em consequência de absorção, presença de superfícies refletoras impróprias, ecos e reverberações, além do ruído excessivo, comprometem a efetividade da comunicação entre o professor e os alunos no ambiente de sala de aula”.

A autora ressalta que algumas condições são essenciais para que o ouvinte compreenda a mensagem. Essas condições podem ser enumeradas da seguinte forma:

- Atenção à mensagem: quando o ouvinte hierarquiza os sons de fala;
- Intensidade da fala: quando os sons possuem níveis audíveis;
- Ruído ambiental: que deve ter intensidade menor que o som principal;
- Material de fala: o vocabulário deve ser o mais familiar possível ao ouvinte;
- Coarticulação e fatores suprasegmentais da língua: quando são integradas pausas e entonação ao discurso;
- Sensação de frequência ou *tom*;
- Sensação de intensidade ou *audibilidade* dos sons;
- Ritmo, tempo e velocidade de fala;
- Qualidade vocal do falante: sonoridade e harmonia;
- Articulação e pronúncia clara.

Em se tratando de uma Língua Estrangeira esse esforço é ainda maior, uma vez que não apenas diferentes fontes de ondas sonoras devem ser hierarquizadas, mas também diferentes códigos linguísticos (Língua Nativa e Língua Estrangeira) devem ser discriminados. A clareza com que alunos e professores conseguem escutar e compreender os diferentes elementos que compõem o código de uma Língua Estrangeira é de suma importância, uma vez que muitos elementos do idioma estudado são bem distintos da Língua Nativa falada pelos estudantes. Por exemplo, perceber o contraste entre vogais como /i/ e /I/ da Língua Inglesa é sempre uma tarefa difícil para falantes da Língua Portuguesa, mesmo para alunos em nível avançado de aprendizagem.

Não só a percepção de elementos fonológicos contrastivos é crucial para o aprendizado de Língua Estrangeira, mas também outros componentes da comunicação dependem da percepção adequada de ondas sonoras no ambiente educacional, como a entonação e diferentes recursos fonativos, que servem como suporte para marcar diferentes funções da linguagem.

Por causa da importância de se escutar e compreender com clareza as ondas sonoras para o desenvolvimento de habilidades e competências diversas, necessárias para o pleno aprendizado de uma Língua Estrangeira, deve-se analisar até que ponto o ambiente acústico da sala de aula propicia as condições ideais para a transmissão de ondas sonoras no ambiente educacional.

### 2.3. INFLUÊNCIA ACÚSTICA DO AMBIENTE NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE UMA LÍNGUA ESTRANGEIRA

Para um melhor aproveitamento dos estudos, o processo ensino-aprendizagem deve ser realizado em um ambiente que possua condições propícias à comunicação entre os envolvidos. Como as aulas de línguas estrangeiras são predominantemente pautadas na comunicação verbal, a boa qualidade acústica da sala é de suma importância para o sucesso do aprendizado.

Para desenvolver a fala, o cérebro humano exige um determinado nível de entendimento do que é dito. Durante as aulas de nossa língua nativa esse nível é considerado bom quando supera de 90% (NEPOMUCENO, 1994, p.66) de compreensão, pois a memória é capaz de completar as palavras que foram mal captadas ou completar as frases levando em consideração o contexto. Contudo, os estudantes de Língua Estrangeira possuem o vocabulário ainda em formação, não sabem sobre a estrutura da língua nem adquiriram conhecimentos nem culturais suficientes, ou seja, não existe um acervo capaz de completar o que não foi absorvido pela audição.

Segundo Russo (1999, p.216), a percepção auditiva é parte essencial no processo de comunicação entre alunos e professores no ambiente da sala de aula. Para a autora “Não basta apenas ouvir, é necessário escutar e isso pressupõe atentar para o falante a fim de compreender o que foi dito”.

O estudante pratica, em sala de aula, a atividade de escutar com muito mais relevância que todas as outras (ler, escrever e falar). Russo aponta alguns fatores que prejudicam a comunicação e provoca consequentes prejuízos ao aprendizado:

problemas acústicos decorrentes da distância do aluno em relação ao professor, perda da energia da fala em consequência de absorção, presença de superfícies refletoras impróprias, ecos, reverberações, além do ruído excessivo, comprometem a efetividade da comunicação entre o professor e os alunos no ambiente da sala de aula. (RUSSO, 1999, p.216).

Segundo Richards (2008, p.1), o Ensino de Línguas Estrangeiras evoluiu no sentido de incorporar atividades que tornem o estudante capaz de desenvolver a aptidão da compreensão e interpretação, tendo em vista que diversas instituições passaram a avaliar essa habilidade como cerne da proficiência no idioma.

Além de escutar e entender o que é dito, o aluno deve ser capaz de interpretar, perceber diferentes entonações e discernir a intenção do falante, dessa maneira, a capacidade do ambiente de transmissão dos sons sem distorções é determinante no aprendizado.

Deve-se observar, como ressalta Rio-Torto (1998, p.31), que:

“a entonação, as variações de altura, as mudanças de ritmo, as variações de duração elocutiva, as pausas, são marcadores discursivos de natureza prosódica, que ajudam a dar coesão e coerência ao texto, funcionando como organizadores do mesmo, enquanto estrutura cognitiva e enquanto lugar e estrutura de interação interpessoal”.

Assim, quanto maior a inteligibilidade do que é dito, maior a percepção do estudante, possibilitando a percepção das nuances de voz, as intenções do discurso, estilos e atos de fala, levando ao efetivo aprendizado da comunicação utilizando a Língua Estrangeira estudada.

Richards (2008, p.1) indica que a atenção ao que é dito define a apreensão de estruturas linguísticas, novas palavras e expressões, tornando o estudante capaz de desenvolver a efetiva comunicação e, por conseguinte, dominar a habilidade de se expressar no idioma falado. Essa característica torna o ambiente da sala de aula um fator determinante para o sucesso do processo de Ensino de Línguas Estrangeiras, permitindo ou dificultando o acesso do aluno ao que é dito pelos colegas aprendizes e pelo professor, inibindo-o ou conduzindo-o a descobrir o sistema interno e as estruturas da língua, aprendendo da forma mais prática e natural um segundo idioma: a partir do uso real. Essa noção conduz à necessidade de análise dos ambientes onde ocorre o processo de ensino-aprendizagem de Línguas Estrangeiras, para a avaliação e correção de possíveis distúrbios acústicos que dificultem a comunicação. Para realizar essa análise, devem ser observados alguns aspectos como o comportamento do som dentro deste ambiente e suas implicações, além de avaliar o



conforto acústico promovido aos ocupantes da sala de aula e a inteligibilidade das palavras ali proferidas.

### 3. CONFORTO ACÚSTICO E INTELIGIBILIDADE DA FALA

#### 3.1. CONCEITOS

##### 3.1.1. CONCEITOS BÁSICOS

A fim de analisar o comportamento do som em um ambiente escolar, devem-se compreender algumas concepções pertinentes tanto à Física quanto à Fonética Acústica, como os conceitos de onda, som, ruído entre outros indispensáveis ao entendimento da análise acústica à que se dedica este trabalho.

Segundo Russo (1999, p.33), “onda é uma perturbação, abalo ou distúrbio transmitido através de um meio gasoso, líquido ou sólido”. Para a autora, conceito de onda sonora varia de acordo com a abordagem/finalidade do estudo. Para os físicos, a onda sonora é “uma forma de energia vibratória que se propaga em meios elásticos”, enquanto um fisiologista analisa o caminho percorrido pelo som através do corpo até o cérebro e o psicólogo observa as sensações humanas provocadas por este som. Segundo Grève e Passel (1975, p.73), “para o linguista (como para o músico) não são as vibrações como tais que importam, mas sim as impressões destas vibrações que o interlocutor recebe, o que implica num fator suplementar particularmente complexo: a percepção do som físico”. Assim, a análise linguística introduz os conceitos de *emissão*, *mensagem* e *recepção*, que desembocarão na definição de comunicação efetiva, objeto deste trabalho.

Nepomuceno (1994, p.44) define *som* como toda vibração mecânica que se propaga em meios elásticos e que está compreendida na faixa audível de frequências ou audiodfrequências.

meios de propagação são denominados meios elásticos por serem capazes de se deformarem à passagem das ondas sonoras e restaurarem sua forma original após a passagem das mesmas. Qualquer meio material que propague uma onda sonora é considerado elástico (DANIEL E CASSIANO, 2008, p.1).

Segundo Malmberg (1954, p.15), “o som consiste em ondas que se propagam no ar a uma velocidade de cerca de 340m/s” – variando de acordo com o meio de propagação. Desta maneira, há a necessidade de aplicação de aparelhos para a medição acústica, bem como a interpretação de termos técnicos.

Há dois tipos de onda que formam o som: as ondas simples e as complexas. A onda simples ou senoidal, de acordo com Russo (1999, p. 63), é “a onda sonora que resulta de um movimento harmônico simples, proveniente de uma relação que contém uma função de seno” e dela se origina o *tom puro*, constituído por uma única frequência. O tom puro não é encontrado na natureza, sendo produzida eletronicamente, e possui grande aplicabilidade no campo da audiolgia, para determinações tonais.

Onda complexa é um conjunto formado por ondas simples que diferem entre si em amplitude ou frequência. Segundo Fourier (apud Russo, 1999, p.64) “o grau de complexidade de uma onda sonora depende do número de ondas senoidais combinadas, bem como dos valores dimensionais específicos da amplitude, frequência e fase dos componentes senoidais”.

### 3.1.2. CARACTERÍSTICAS DO SOM

Conceitua-se *frequência* ( $F$ ) como o número de ciclos que as partículas materiais realizam por segundo, enquanto *período* ( $t$ ) é o tempo, medido em segundos, que as essas partículas levam para completar um ciclo. *Amplitude* da onda é a medida do deslocamento ou afastamento de sua posição de equilíbrio.

Toda e qualquer onda sonora pode ser classificada pela periodicidade e pela complexidade. Ondas periódicas são aquelas cujos ciclos se repetem a iguais intervalos. Observando o proposto pelo Teorema de Fourier, temos que a onda complexa é composta por um conjunto de ondas senoidais, contudo, para que esta onda seja periódica seus componentes senoidais devem obedecer à *relação harmônica*, requisito matemático que organiza os componentes em múltiplos integrais ( $f$ ), isto é, números inteiros, da frequência senoidal de mais baixa frequência da série, chamada *frequência fundamental* ( $f_0$ ), que contempla as frequências mais baixas da energia sonora da voz – de 50 a 125 Hz. O Teorema de Joseph Fourier afirma que “a voz humana e o som produzido por instrumentos musicais constituem alguns exemplos de sons complexos, ou seja, são constituídos por mais de uma frequência” (RUSSO, 1999, p.64). Este teorema deu origem à chamada *Série de Fourier*, uma combinação de ondas senoidais que formam uma onda complexa. Como se trata de um conjunto de ondas, pode-se separá-las e proceder a *Análise de Fourier*, decompondo-as e determinando a frequência e a amplitude de cada uma delas.

Diferentemente ocorrem as ondas aperiódicas, cuja principal característica é a falta de regularidade no tempo ou periodicidade, determinando um comportamento imprevisível. Ruídos de aviões, latidos de cachorros e automóveis são alguns exemplos de ondas

aperiódicas, assim como determinados sons da fala, como os sons sibilantes, caracterizados pelos movimentos aleatórios e, portanto, aperiódicos (RUSSO, 1999, p.70).

No caso da fala humana, a frequência fundamental é determinada pelos fatores físicos como massa, comprimento e tensão das cordas vocais, apresentando assim, tantas diferenças quantas ocorrerem entre um indivíduo e outro. “A variação da frequência fundamental produz a modulação da voz ou **entonação**” (RUSSO, 1999, p.150, grifo da autora).

Nepomuceno (1994, p.45) afirma ainda que *ruído* é um fenômeno audível cujas frequências não podem ser diferenciadas, pois têm valores abaixo da capacidade auditiva do ouvido humano, situada, segundo Valle (2009, p.49) entre 20 Hz e 20 kHz. “O termo **ruído** é utilizado para descrever um sinal acústico aperiódico, originado da superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, as quais não apresentam relação entre si” (FIELDMAN E GRIMES, 1985, apud RUSSO, 1999, p.157).

O nível de ruído deve ser analisado e controlado de modo a não interferir na inteligibilidade da fala e evitar que ocorram grandes perdas de entendimento que atrapalhem as atividades a serem desenvolvidas, principalmente em ambiente escolares, por se tratarem de situações onde é necessária alta concentração.

### 3.1.3. INTERAÇÃO ENTRE SOM E AMBIENTE

Além do ar existem os sistemas fechados de propagação do som, como o trato vocal e os instrumentos musicais. Cada sistema fechado possui suas propriedades, dentre elas uma vibração peculiar, chamada de *frequência natural*. Segundo Russo (1999, p.132), “quando uma força vibratória é aplicada a um meio elástico, o meio será forçado a vibrar com a frequência da força aplicada” e quanto mais próxima da frequência natural do sistema, maior a amplitude da vibração resultante. Ao fenômeno de coincidência das frequências da força aplicada e do sistema, dá-se o nome de *ressonância*.

Segundo Russo (1999, p.114):

o tempo requerido para a onda sonora refletida ser atenuada em 60 dB, em relação ao seu nível de intensidade original, é denominado de tempo de reverberação, isto é, o tempo em que o som permanece no ambiente, realizando inúmeras reflexões até que sua energia caia um milhão de vezes em relação à energia inicial.

Entende-se por *tempo de reverberação*, portanto, o período de tempo em que o som esteve percorrendo o ambiente, refletindo nos obstáculos encontrados e se refletindo até decair em 60 decibéis (*dB*) do nível de intensidade inicial. Se tivermos um som de 130 dB,

por exemplo, essa medida de tempo inicia com a produção do som e cessa quando a intensidade alcançar 70 dB.

Inteligibilidade da fala é, segundo Russo (1999, p.216), “a relação entre as palavras faladas e as entendidas, expressa em porcentagem”, que, para alcançar um nível confortável à comunicação, esse nível não pode estar abaixo de 90%. A inteligibilidade é dada em função, principalmente, do tempo de reverberação. Segundo Nepomuceno (1994, p.66), reverberação é o número de reflexões sucessivas de uma onda sonora nos limites do ambiente – paredes, teto, janelas – medidas com tempo de ocorrência menor que o tempo de recepção do ouvido. Essas reflexões sonoras ocorrem em períodos muito curtos de tempo, calculados em milissegundos entre uma e outra, além de ocorrerem em direções diversas, ocasionando a difusão sonora, que ocorre, portanto, no tempo e no espaço. Valle afirma que:

tempo de reverberação ( $RT_{60}$ ) é o tempo que a reverberação leva para desaparecer. Matematicamente, é definido como o tempo em segundo que a reverberação leva para que seu nível sonoro baixe de 60 dB em relação ao nível no momento inicial. Este momento inicial é quando se inicia a reverberação propriamente dita. (VALLE, 2009, p.96).

Russo (1999, p. 114) diferencia ainda *eco* e *reverberação*. A autora afirma que a reverberação ocorre quando o som encontra algum obstáculo, sofre a reflexão e retorna à fonte com um intervalo de tempo menor que um décimo de segundo, enquanto o eco se realiza quando esse retorno leva um espaço de tempo maior.

O tempo de reverberação varia de acordo com os materiais utilizados no revestimento e da ocupação do ambiente. Cada material possui um coeficiente de absorção diferente, configurando um panorama de reverberação, bem como os objetos ali colocados, que servirão de obstáculo às ondas sonoras, alterando a absorção do som. Esse conjunto formado por materiais de revestimento e móveis definem o perfil acústico do local e, se bem adaptados, podem ser capazes de adequar sonoramente para a música ou para a voz o ambiente, diferindo acusticamente salas de aula, auditórios e igrejas, por exemplo.

Valle (2009, p.101) explica a forma de cálculo do tempo de reverberação de um ambiente, possível a partir da definição de Wallace Sabine, em 1900, da seguinte fórmula:

$$RT_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

Onde  $RT_{60}$  é o tempo de reverberação,  $V$  é volume do ambiente (calculado em  $m^3$ ) e  $A$  é a absorção total do ambiente, enquanto a constante 0,16 é utilizada para tornar o cálculo mais preciso. Observa-se que o ambiente ideal não deve resultar em níveis muito altos de reverberação, nem tampouco em números demasiado baixos.

Para analisar o tempo de reverberação deve-se observar a capacidade de absorção do som, ou seja, a característica referente aos materiais que revestem o ambiente de rigidez insuficiente, que permite a passagem de parte da energia sonora, obstáculo, sendo dissipada. Quando esse fenômeno ocorre, o material é configurado como *absorvente*.

Para mensurar essa capacidade de absorção utiliza-se o *coeficiente de absorção (a)* que “representa a relação entre a energia absorvida e a energia incidente” no material, expresso numericamente, variando de 0 a 1; onde 1 demonstra que toda a energia foi absorvida e 0 indica que toda ela foi refletida (RUSSO, 1999, p.119).

Desta maneira, com base no coeficiente de absorção, classificam-se os materiais utilizados no revestimento dos ambientes, adequando-os acusticamente para as atividades às quais são designados. “Um material acústico é *absorvente* quando não reflete o som, retendo-o em seu interior. Parte do som absorvido é transformado em energia térmica e dissipado no material e parte atravessa-o”. Os materiais absorventes são divididos em porosos e fibrosos (RUSSO, 1999, p.120).

Segundo Portela (2012, p.2), utiliza-se maior proporção de materiais absorventes no revestimento de um ambiente para que sejam minimizadas as reflexões das ondas sonoras e, assim, se obtenha um nível mais baixo de reverberação. Desta forma, o uso adequado de materiais porosos e fibrosos proporciona uma maior inteligibilidade da fala.

Segundo Russo (1999, p.121), nos materiais fibrosos ocorre a vibração das fibras, convertendo energia sonora em calor. Esse tipo de material possui coeficiente de absorção mais baixo que os porosos, onde o som penetra nos poros, sendo refletido inúmeras vezes, até ser absorvido.

Russo (1999, p.114) afirma que o controle do fenômeno da reverberação é de suma importância em locais fechados como auditórios, teatros, estúdios entre outros. Esse controle é feito a partir da adequação dos materiais utilizados no revestimento do ambiente. Materiais mais absorventes, ou seja, os mais porosos são utilizados quando a reverberação se faz presente em um nível tão alto que afete a inteligibilidade da fala no local, ajustando a intensidade dessa reverberação e adequando o ambiente para as atividades às quais está designado. Para medir esses aspectos acústicos pode-se utilizar o padrão STI – *Speech Transmission Index*.

STI, segundo Symons (2013, p.1), é um método objetivo e quantitativo de expressar a qualidade de transmissão, avaliando a presença do ruído no ambiente, calculado a partir da modulação da função de transferência, que utiliza a relação sinal-ruído em bandas de oitavas com suas ponderações. O STI, critério mundialmente utilizado, é considerado por diversas

agências da área como o melhor método de apuração da inteligibilidade da voz, pois não utiliza medições de sons humanos, despreza qualquer variabilidade causada pela diferença anatômica entre as pessoas, mudanças na voz ou na fala.

O padrão STI é um parâmetro numérico que analisa a qualidade de transmissão da fala, variando de 0 a 1, onde 0 é péssimo e 1 é excelente. A tabela a seguir demonstra a classificação a partir dos valores de STI:

**Tabela 1.** Classificação dos valores de STI:

STI	Classificação
0,6 a 1	Ótimo
0,45 a 0,6	Bom
0,3 a 0,45	Razoável
0,25 a 0,3	Ruim
0 a 0,25	Inaceitável

Fonte: NTI (2013, p.3).

Para que um ambiente seja considerado confortável do ponto de vista acústico, deve-se observar o comportamento do som, analisando todos os aspectos descritos acima, além da legislação. O conforto acústico é alcançado quando o ambiente torna-se adequado para a realização da atividade para a qual é destinado, sem causar incômodo sonoro aos usuários. Observe-se que o ambiente escolar, por haver uma demanda de concentração e necessidade de altos níveis de entendimento do que é dito, exigem conforto acústico em níveis adequados, caso contrário, causará fadiga, levando a perdas de qualidade no aprendizado e até doenças laborais nos professores. (ENIZ E GARAVELLI, 2004, p.94).

Outro parâmetro utilizado para avaliar a inteligibilidade das salas é a *clareza da fala* (C80), medida em decibéis (dB). Ela é calculada a partir do produto da divisão entre o valor da energia acústica nos primeiros 80 milissegundos da produção sonora, pela energia do som após os 80ms até sua dissipação. Essa fórmula é descrita na equação a seguir:

$$C_{80} = 10 \cdot \log \left( \frac{\int_0^{80ms} p(t)^2 dt}{\int_{80ms}^{\infty} p(t)^2 dt} \right) dB$$

Segundo Valle (2009, p.139), “qualquer valor superior a 0 dB indica ótima inteligibilidade da fala”, além disso, o autor afirma que em salas muito reverberantes, como é

o caso das salas de aula revestidas com material pouco absorvente, “valores acima de -5 dB já são aceitáveis para boa inteligibilidade”.

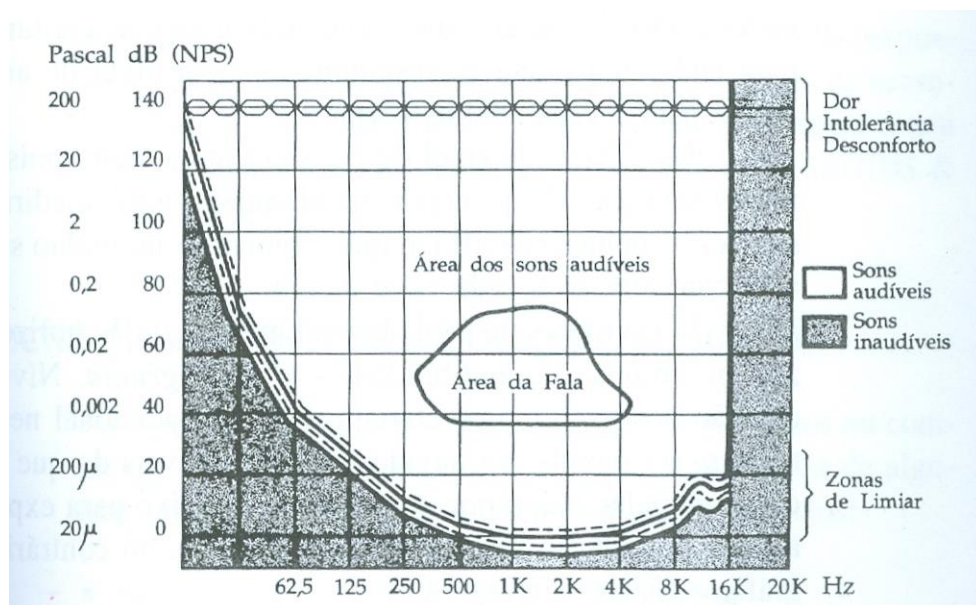
Nos casos de ambientes escolares que não apresentam níveis de conforto acústico/inteligibilidade condizente com a atividade de ensino, há o esforço excessivo dos professores, no intuito de driblar as dificuldades acústicas da sala, terminam por prejudicar as próprias cordas vocais e nem sempre alcançam o objetivo, como descrevem Gonçalves, Silva e Coutinho (2009, p.468):

Níveis de ruído elevados e/ou condições de reverberação inadequadas prejudicam o processo de aprendizagem chegando, até, a contribuir para o baixo aproveitamento dos alunos. Em relação aos professores, o não atendimento de critérios de conforto acústico faz com que tenham de fazer esforço vocal excessivo, mesmo que este não garanta melhor inteligibilidade de fala.

#### 3.1.4. ACÚSTICA DE SALAS E O FENÔMENO DA FALA

Tanto a clareza da fala quanto o tempo de reverberação são medidos em bandas de oitavas. Tendo em vista que a energia sonora da fala humana concentra-se principalmente entre 250 Hz e 8kHz (Russo, 2009, p.181), como demonstra o gráfico a seguir, este estudo adotou essas bandas de frequência para análise, expandindo a análise ao incluir as bandas de frequência a partir de 125 Hz, referentes aos valores da frequência fundamental ( $f_0$ ), descrita na seção 3.2.1 deste trabalho.

**Ilustração 1.** Concentração da energia sonora da fala – bandas de oitavas:



Fonte: Russo (1999, p.181).



Quando a análise é feita a partir do som vocal, deve-se pensar na produção da voz. Chama-se *trato vocal* o conjunto formado pelas cavidades corporais entre a glote e os lábios – laringe, faringe, cavidades oral e nasal. “Na fala as ressonâncias do trato vocal são chamadas de *formantes*, isto é, faixas de frequências que concentram maior energia acústica” (RUSSO, 1999, p.151).

O som produzido na fala é resultado do agrupamento de combinações acústicas variadas, ou seja, de diferentes ressonâncias, que resultam na imensa gama de sons da fala que o trato vocal é capaz de produzir. Segundo Russo (1999, p.152), o sistema de ressonância é responsável pela estética da voz, conferindo-lhe beleza ou não, enfatizando determinados sons e suavizando outros. O som da fala é constituído de sons vocálicos e consonantais, cada um desses com características peculiares.

Segundo Rio-Torto (1998, p. 26):

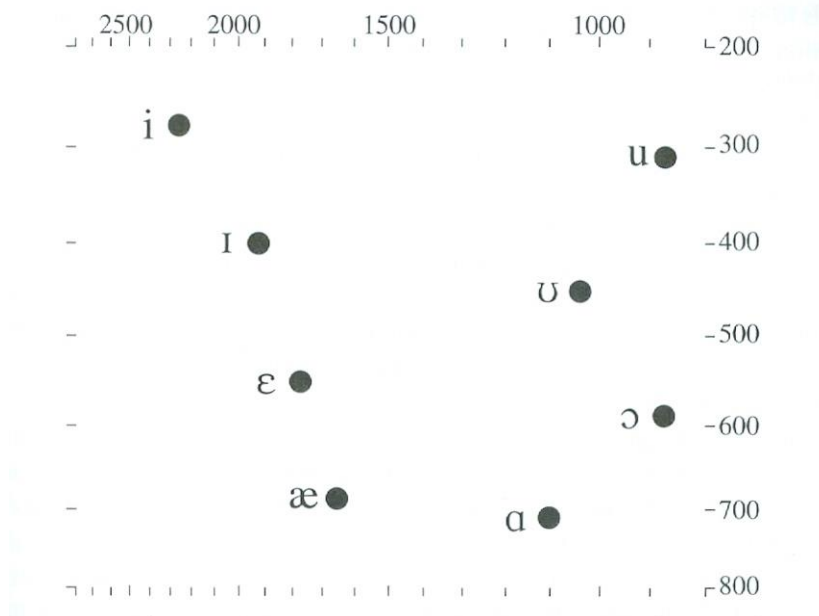
a **classificação dos sons vocálicos e dos sons consonânticos** começa por fazer-se segundo os parâmetros tradicionalmente consagrados: o modo e o ponto de articulação. Importa ressaltar que não se trata de verdadeiros ‘pontos’ de articulação, mas antes de bandas/zonas caracterizadas por um campo de dispersão cujos limites confinam e por vezes se intersectam com os das classes de sons contíguas. As dificuldades em classificar univocamente certas classes de sons ilustram esta realidade. Do ponto de vista acústico/perceptivo, recorre-se aos parâmetros da tonalidade e da ressonância para a classificação dos sons em graves/agudos e compactos/difusos.

Russo, (1999, p.153) afirma que os sons vocálicos são *sonoros, intensos, contínuos* e, por ocorrer de trato vocal aberto, apresenta formantes bem definidos. A frequência fundamental ( $f_0$ ) contempla as primeiras bandas de frequência ocupadas pela energia sonora da voz. Ladefoged e Johnson (2006, p.23) observam que o primeiro formante ( $f_1$ ) possui intensidades mais baixas e, enquanto o segundo formante ( $f_2$ ) possui maior intensidade. A frequência fundamental define a entonação da voz e possui valores entre 50 e 125 Hz (RUSSO, 1999, p.150). O  $f_1$  possui valores em torno de 250 Hz a 700 Hz, localiza-se na parte anterior da cavidade oral e está relacionado tanto à altura da língua quanto à abertura da boca, visto que, quanto maior a abertura da boca, mais aguda se torna a frequência do formante. O  $f_2$  possui valores entre 700 e 2.250 Hz, localiza-se na parte posterior da cavidade oral e tem relação com o deslocamento anteroposterior da língua, distinguindo as vogais (GUSMÃO, CAMPOS E MAIA, 2010, p.5)

Cada vogal é definida por formantes específicos. Na figura a seguir estão descritos os formantes 1 e 2, a saber  $f_1$  (eixo vertical) e  $f_2$  (eixo horizontal) das principais vogais da Língua Inglesa. Ao presente trabalho interessarão os seguintes sons vocálicos: /i/, /u/ e /æ/,

escolhidos por apresentar formantes bem distantes, a fim de ilustrar com mais clareza as características acústicas do ambiente que foi objeto de análise deste estudo.

**Ilustração 2.** Formantes  $f_1$  e  $f_2$  de vogais da Língua Inglesa (escala em Hz):



Fonte: Ladefoged e Johnson (2006, p.177).

Segundo Russo (1999, p.154), um fator que contribui para a redução da intensidade dos sons vocálicos, principalmente o /i/ e o /u/, que são vogais mais fechadas, é o estreitamento do trato vocal, tornando a passagem da energia acústica mais dificultosa do que a produção do /a/ e do /o/, por exemplo.

**Tabela 2.** Valores dos formantes  $f_1$  e  $f_2$  das vogais /i/, /u/ e /æ/:

	$f_1$	$f_2$
/i/	280 Hz	2.250 Hz
/u/	310 Hz	870 Hz
/æ/	690 Hz	1.660 Hz

Fonte: Ladefoged e Johnson (2006, p.172).

Diante desses valores pode-se realizar a comparação dos níveis de inteligibilidade de uma sala e perceber o comportamento geral da energia sonora destas vogais quando proferidas no ambiente, suas perdas de energia acústica e deprender o prejuízo linguístico causado por inadequações acústicas do ambiente.

Observando o comportamento da linguagem em ambientes fechados pode-se depreender que cada sala possui características específicas que a tornam mais adequada para determinadas atividades – diferenciando salas compatíveis com atividades relacionadas à música ou à fala, por exemplo. Assim, quando da construção ou análise de salas de aula, pode-se avaliar as características fornecidas pela estrutura de modo a perceber o comportamento acústico da sala e adequar as falhas encontradas. Para tanto, deve-se obedecer à regulação estipulada em lei.

### 3.2. NORMATIZAÇÃO

Para a análise do ambiente ideal para a realização de atividades escolares utiliza-se como parâmetro as seguintes normas NBR 10151 e NBR 10152, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A NBR 10151 (ABNT, 2000) determina como devem ser realizadas as medidas acústicas em diversos ambientes habitados, fixando as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído, independente de reclamação registrada. A norma estabelece o método para a medição do ruído: o medidor de pressão sonora, em casos de medições no interior das edificações, colocado a, no mínimo, um metro de distância de qualquer superfície. Especifica também que devem ser observadas as condições reais de uso do ambiente, como posição de móveis e janelas abertas ou fechadas, como de costume. Esta norma estabelece também que os ruídos utilizados para avaliação podem ser com componentes tonais ou com caráter impulsivo, esses últimos utilizados na presente pesquisa.

A norma ainda cita a aplicação da correção nos níveis inadequados apurados, caso o ruído apresente características específicas, como é o caso dessa pesquisa, que avalia ambientes com finalidade educacional, além de determinar a comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores, no presente caso, afirma que área de escolas devem ser comparados com o nível de ruído diurno de 50 dB e noturno de 45 dB.

NBR 10152 (ABNT, 1987) determina os níveis de ruído e acústico para diversas atividades. Dentre elas, discrimina os diversos ambientes escolares, estabelecendo como nível apropriado para o conforto acústico nas salas de aula um valor de ruído entre 45 e 50 dB.

Além disso, há o Decreto Distrital nº 20.769, de 08 de novembro de 1999, que estabelece a observância do “conforto acústico, onde o tempo de reverberação máximo não supere a seis décimos de segundo e o nível de ruído ambiente não supere a cinquenta dB”,

quando da construção de salas de aula. Este decreto especifica que edificações com finalidade educacional no âmbito do Distrito Federal deverá ter seu projeto avaliado pela Secretaria de Educação e, em seguida, encaminhado à Administração Regional para apreciação.

A partir da legislação vigente, percebe-se que mesmo escolas com boa estrutura podem apresentar condições inadequadas do ponto de vista acústico. Para o presente trabalho servirá a análise de uma sala de aula da Universidade Católica de Brasília – uma das instituições que apresentam maior qualidade estrutural para o ensino de línguas estrangeiras no Distrito Federal.

#### 4. PESQUISA DE CAMPO

Partindo da observância da legislação vigente, obedecendo o proposto pela NBR10151 (ABNT, 2000), foi realizada Medição Acústica, em parceria com o Curso de Física, no dia 27 de maio de 2013, às 13 horas, na sala de aula número 204, do Bloco K – São Marcelino Champagnat da Universidade Católica de Brasília, em umas das salas que são utilizadas para aulas de Língua Estrangeira na Universidade, tanto para os estudantes do Curso de Letras – Inglês quanto para os alunos do Centro de Línguas Católica. Nas aulas de Língua Estrangeira ministradas na Instituição aplica-se a Abordagem Comunicativa de Ensino e, portanto, suas instalações necessitam de níveis de conforto acústico e inteligibilidade da fala compatíveis com tal atividade.

A sala de aula analisada apresenta 6,70m de largura, 5,90m de comprimento e 3,45m de altura, possui uma porta de 0,90m de largura x 2,10m de comprimento e seis janelas, cada uma medindo 0,80m de altura e 0,60m de largura. Ocupam o ambiente 30 carteiras universitárias, dispostas em seis fileiras e uma mesa para uso do professor com 1,40m de comprimento e 1,70m de largura, além do quadro-negro que mede 1,20m de altura e 5,30m de largura.

Conforme descreve a NBR 10151 (ABNT, 2000), o equipamento de medição acústica *Solo*, do fabricante 01dB, ligado a um computador executando o software *dBbati32*, foi alocado em três diferentes posições na sala de aula (vide Ilustrações 6, 7 e 8), sempre observando a distância normatizada das superfícies das paredes e teto. O ambiente foi conservado, mantidas as carteiras universitárias, a cadeira e mesa do professor, quadro-negro, projetor e tela retrátil, para que a medição apurasse os níveis mais próximos o possível das condições normais de aula.

Em cada uma das posições escolhidas, aqui denominadas  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , foram realizadas cinco diferentes medições, com valores numerados de 1 a 5 nos quadros de exposição de resultados – vide seção 4.1. Cada uma das medições foi realizada com um som impulsivo causado pelo estouro de um balão nº12 cheio de ar ao máximo da capacidade. Para a realização da pesquisa foi utilizado o método Speech Transmission Index – STI (vide Capítulo 3 – Interação entre som e ambiente), calculado o tempo de reverberação de cada uma das cinco medidas em cada posição, calculada a média entre elas e registrado o desvio padrão de cada medida.

Cada uma das medidas, identificadas nas tabelas de 1 a 3 no item 4.1 com números de 1 a 5, foi calculada em bandas de frequência que variam de 125 Hz a 8 kHz. Nas mesmas bandas e posições foi medida a Clareza de Fala – C80 (vide seção 3.1.3), cujas médias são descritas na tabela 7.

Para a visualização do comportamento de alguns sons no ambiente analisado, foram realizadas medidas das frequências de três vogais /i/, /u/ e /æ/. O som utilizado para a medição foi uma pronúncia-padrão da Língua Inglesa, disponibilizada pelo Departamento de Linguística da Universidade de Califórnia, Los Angeles (UCLA)<sup>5</sup>.

#### 4.1. RESULTADOS

**Tabela 3.** Tempo de reverberação - medidas na Posição P<sub>1</sub>

Hz	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão
250	1,38	1,22	1,15	1,19	1,29	1,25	0,09
500	1,17	1,17	1,17	1,11	1,10	1,14	0,04
1 k	1,26	1,21	1,21	1,21	1,19	1,22	0,03
2 k	1,22	1,23	1,17	1,17	1,19	1,20	0,03
4 k	1,22	1,22	1,20	1,19	1,20	1,21	0,01
8 k	1,09	1,06	1,05	1,05	1,05	1,06	0,02

**Tabela 4.** Tempo de reverberação - medidas na Posição P<sub>2</sub>

Hz	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão
250	1,34	1,33	1,40	1,34	1,34	1,35	0,03
500	1,14	1,12	1,20	1,06	1,10	1,12	0,05
1 k	1,17	1,20	1,18	1,14	1,16	1,17	0,02
2 k	1,16	1,19	1,22	1,19	1,18	1,19	0,02
4 k	1,21	1,21	1,20	1,23	1,24	1,22	0,02
8 k	1,07	1,03	1,06	1,05	1,06	1,05	0,02

**Tabela 5.** Tempo de reverberação - medidas na Posição P<sub>3</sub>

Hz	1	2	3	4	5	Média	Desvio Padrão
250	1,23	1,24	1,20	1,24	1,30	1,24	0,04
500	1,08	1,08	1,11	1,09	1,10	1,09	0,01
1 k	1,16	1,15	1,11	1,17	1,17	1,15	0,02
2 k	1,18	1,18	1,20	1,19	1,19	1,19	0,01
4 k	1,20	1,21	1,25	1,20	1,21	1,21	0,02
8 k	1,05	1,05	1,07	1,03	1,06	1,05	0,01

<sup>5</sup>Disponível em: <<http://www.linguistics.ucla.edu/people/hayes/103/Charts/VChart/>>. Acesso em 04 set. 2013.

**Tabela 6.** Valores de STI

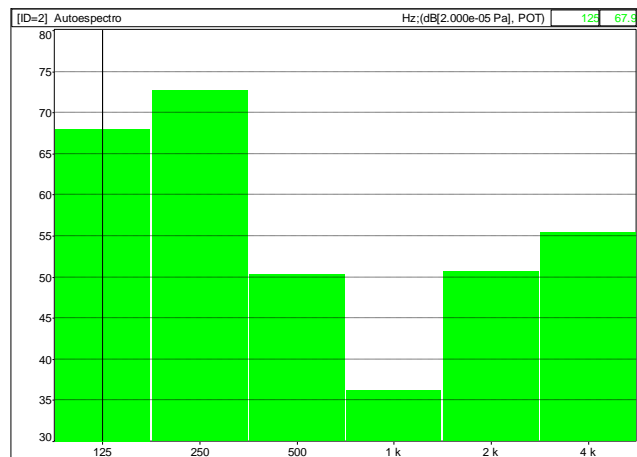
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
	0,37	0,42	0,41
	0,36	0,39	0,43
	0,39	0,39	0,41
	0,38	0,39	0,41
	0,39	0,39	0,40
Média	0,38	0,40	0,41
Desvio padrão da média	0,01	0,01	0,01

**Tabela 6.1.** Valor total STI/Sala

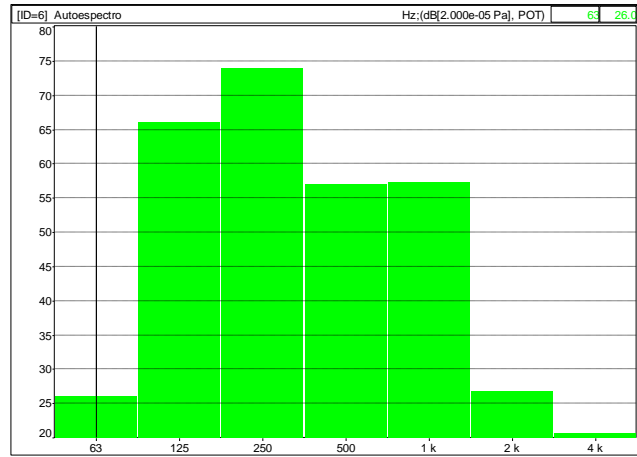
Média	0,40
Desvio padrão da média	0,02

**Tabela 7.** Valores C80/Sala

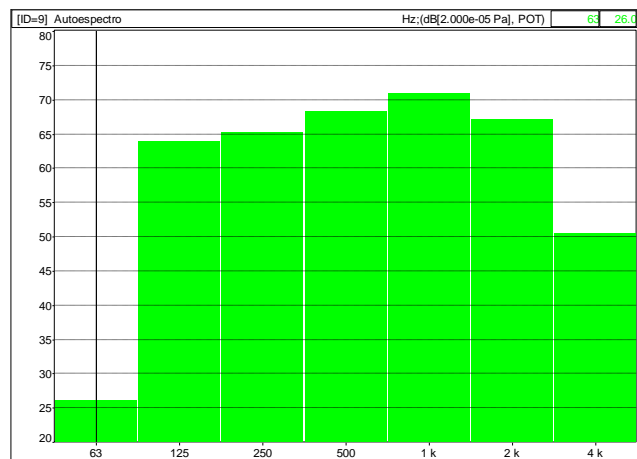
Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k
C80	-6,66	-5,68	-3,3	-3,57	-5,14	-4,63	-1,92

**Ilustração 3.** Gráfico frequências /i/:

**Ilustração 4.** Gráfico frequências /u/:



**Ilustração 5.** Gráfico frequências /æ/:





## 5. ANÁLISE DE DADOS

A capacidade de escutar é essencial para que a comunicação entre o professor e os estudantes possa ocorrer e, aos últimos, é requerido um tempo maior nesse comportamento do que falar, ler ou escrever. Quando escutamos uma mensagem de fala, é necessário que estejamos atentos a fim de atribuir-lhe um significado e, assim, compreendê-la (RUSSO, 1999, p.213).

Para que seja efetivo o aprendizado de uma Língua Estrangeira é necessário desenvolver as quatro habilidades da linguagem – escuta, fala, leitura e escrita, contudo, tanto na sala de aula quanto na vida cotidiana, a atividade mais explorada é a escuta, seguida da fala. Os estudantes apreendem regras e internalizam estruturas linguísticas principalmente a partir do exercício de atenção ao que é por eles ouvido (RICHARDS, 2008, p.1). Por conseguinte, o ambiente em que ocorre o processo de ensino-aprendizagem deve ser acusticamente propício à propagação adequada do som e, assim, facilitar a comunicação entre os alunos e destes com o professor.

Nas medidas apuradas na sala de aula número 204, do Bloco K da Universidade Católica de Brasília, verificam-se níveis distantes dos ideais tanto para o Tempo de Reverberação ( $RT_{60}$ ), Inteligibilidade da Fala (STI), quanto para a Clareza da Fala (C80).

Observa-se nas tabelas 3, 4 e 5 que o tempo de reverberação da sala de aula analisada possui valores entre 1,05 e 1,38. A partir desses dados, depreende-se que o nível de conforto acústico ainda não alcançou o índice ideal, tanto para a atividade escolar quanto para o Ensino de Língua Estrangeira, sendo necessárias providências no sentido de melhorar o conforto acústico e, conseqüentemente, o desempenho dos professores e alunos envolvidos no processo ensino-aprendizagem.

Em todas as medidas, de todas as posições, o tempo de reverberação apresenta valores superiores a 1,1segundos e, em vários casos, superior a 1,2s. Quando em situações normais de aula, encontram-se diversas fontes sonoras neste ambiente e fora dele (conversa entre alunos, ruído proveniente do corredor, som das salas de aula ao redor e aparelhos multimídia utilizados nessas salas), em consequência, ocorre a junção de ruídos diversos e um  $RT_{60}$  que gira em torno de 1,2s, situação inadequada às atividades voltadas ao desenvolvimento da fala e compreensão verbal, como explica Russo (1999, p.218):

A combinação do ruído com um tempo de reverberação (T.R.) superior a 1,2 s vem revelando uma piora significativa na percepção dos sons da fala, mostrando que as condições acústicas da sala são críticas para possibilitar um processo educacional adequado.

O conjunto de aspectos descritos pela autora foi verificado na sala analisada: paredes e teto revestidos com material liso e rígido e a aferição de altos níveis de reverberação, o que implica em perda de qualidade sonora, tornando muitos sons ininteligíveis: ocasionando perda na qualidade de ensino, principalmente durante as atividades que envolvem fala, compreensão e interpretação de mensagens verbais.

Segundo Russo (1999, p.216), “a percepção auditiva é essencial no processo de comunicação entre estudantes e professores na sala de aula. Não basta apenas ouvir, é necessário escutar e isso pressupõe atentar para o falante a fim de compreender o que foi dito”. Quando o ambiente não proporciona boa qualidade de transmissão, prejudicando a inteligibilidade da mensagem, isso implica em desconforto para os ocupantes, causando esforço excessivo, fadiga, problemas vocais e perdas sonoras importantes ao processo de ensino-aprendizagem.

Ambientes de ensino de Língua Estrangeira possuem o agravante de ter estudantes que não dominam totalmente o sistema gramatical, fonético e fonológico da língua estudada, apresentando uma necessidade ainda maior de que essa mensagem seja maximamente compreensível, a fim de proporcionar o entendimento, o aprendizado e a correta utilização do idioma em questão.

As medições baseadas no padrão internacional STI – *Speech Transmission Index*, apresentaram valores entre 0,36 e 0,43, o que classifica todas as medições em todas as posições com nível *razoável* de inteligibilidade da fala (vide Tabela 1), bem como o nível médio de STI da sala, calculado em 0,40.

Esses valores demonstram a baixa qualidade de transmissão do som no ambiente, prejudicando a recepção da mensagem, dificultando a comunicação e, por conseguinte, comprometendo o processo de ensino-aprendizagem que ali ocorre.

Partindo do conceito de inteligibilidade da fala (percentual de palavras entendidas em relação às pronunciadas) e do percentual mínimo de inteligibilidade recomendado por Russo (1999, p.66) de 90% para falantes nativos, percebe-se que o ambiente em questão, com nível de STI razoável, torna-se inadequado para o Ensino de Línguas Estrangeiras, prejudicando consideravelmente o conforto acústico de alunos e professores.

Tendo em vista os resultados apurados, tanto o alto tempo de reverberação quanto o baixo nível de inteligibilidade da fala (STI), sugere-se a instalação de revestimentos com materiais absorventes e densos nas paredes internas das salas, a fim de absorver o ruído no ambiente, diminuir o tempo de reverberação das ondas sonoras e melhorar o nível de transmissão.

Segundo Russo (1999, p. 215):

o emprego de materiais absorventes constitui o tratamento acústico mais comumente empregado por arquitetos e engenheiros na construção de salas de aula. Pelo fato de serem mais baratos, as placas porosas, carpetes e espuma para forrar o teto são os materiais mais frequentemente utilizados. Seu uso reduz o tempo de reverberação da onda sonora no interior da sala.

Apesar de parecer a saída mais simples e prática, a instalação de revestimentos constituídos por materiais absorventes nas salas de aula deve ser analisada com cuidado a fim de evitar excessos, visto que “o problema desses materiais nas salas de aula é que absorvem sons de fala de alta frequência (entre 1.000 e 2.000 Hz) mais do que os de baixa frequência (125 e 250 Hz)” (RUSSO, 1999, p.215), o que neste caso não é interessante, visto que a sala de aula apresentou níveis de Clareza de Fala toleráveis para as frequências em torno de 1 kHz, enquanto demanda a necessidade de correção dos níveis de baixa frequência, em torno de 125 a 250 Hz, retomando o bom nível nas bandas acima de 4 kHz.

a distribuição da voz do professor na sala de aula ocorre de modo direto e refletido, dependendo do material que reveste as paredes. Se somente superfícies rígidas e lisas forem empregadas na construção da sala, a reverberação ocorrerá e, mesmo que apresente um nível sonoro inferior ao da onda incidente, dependendo do tempo de reverberação, a inteligibilidade da mensagem de fala estará seriamente comprometida (RUSSO, 1999, p. 215).

Portanto, é imprescindível combinar adequadamente os vários materiais a fim de que possam garantir que o som direto que atinge as paredes da sala possa ser redirecionado por reflexão, ou atenuado por absorção, distribuindo uniformemente a energia sonora, a fim de não comprometer a transmissão da mensagem de fala, influenciando negativamente no processo de aprendizagem.

Se o ambiente escolar não oferece condições acústicas adequadas, termina por ocasionar esforço excessivo por parte de professores e alunos para entenderem e se fazerem compreendidos quando da comunicação verbal. Como apontam Gonçalves, Silva e Coutinho (2009, p.468), “não são raros os casos em que professores são obrigados a se afastar do exercício profissional ou até mesmo a diminuir sua carga de trabalho para recuperar a capacidade de fala”.

Os autores propõem uma reflexão válida acerca de salas de aula que não oferecem condições adequadas de conforto acústico: “Se a situação causa incômodo a qualquer pessoa, imagine-se o efeito desse incômodo para um professor universitário cujo principal instrumento de trabalho é a voz”.

Com dificuldades na comunicação, todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem passam a realizar um esforço vocal crescente, no intuito de transpor as

deficiências do ambiente. Esse esforço gera ruídos cada vez mais intensos, onde as vozes alcançam facilmente níveis desagradáveis de serem suportados por longos períodos – como é o caso das aulas.

Como cita Russo (1999, p.157), “o ruído afeta adversamente o bem-estar físico e mental das pessoas”, isto é, quando o ambiente apresenta condições acústicas inadequadas às atividades para as quais é destinado, pode causar desde desconforto e perda de concentração até doenças laborais físicas e psicológicas.

Segundo Nepomuceno (1994, p.65), “procurar favorecer a inteligibilidade e eliminar fatores que possam produzir falta de nitidez ou desconforto acústico auditivo, são os principais alvos que dizem respeito ao conforto interno de um ambiente” e para alcançar o nível de conforto necessário, deve-se observar a absorção dos materiais utilizados no revestimento do ambiente.

No caso da sala analisada, foram utilizados materiais com nível baixo de absorção. As paredes são de alvenaria, padronizadas, sem a presença de painéis absorventes, havendo apenas um quadro-negro de madeira, também bastante reflexivo acusticamente. O piso é cerâmico e o teto, laje. As cortinas existentes são produzidas em um tecido rijo – com pouca capacidade de absorção de energia sonora, instaladas sobre janelas basculantes de vidro. Observa-se, portanto, a insuficiência de material com coeficiente maior de absorção, capaz de equilibrar acusticamente o ambiente, diminuindo a reverberação das ondas sonoras.

Diante dessas inconformidades em relação aos parâmetros recomendados de tempo de reverberação, aliado aos ruídos causados pelos barulhos externos ao ambiente e a conversa entre os alunos durante as aulas, é possível concluir que a atividade escolar fica prejudicada neste ambiente. Tomando-se por base os princípios da Abordagem Comunicativa, estudantes e professores devem manter a comunicação permanente em sala de aula, ocasionando ondas sonoras refletidas inúmeras vezes, tendo em vista a escassez de material absorvente no revestimento da sala em questão.

A fim de aproximar os resultados da Medição Acústica supracitada da realidade do Ensino de Línguas Estrangeiras, verificou-se a qualidade de transmissão na sala de aula e comparou-se com os formantes e as frequências dos sons de três vogais da Língua Inglesa, descritas a seguir.

A análise do comportamento dos sons das vogais escolhidas (/i/, /u/ e /æ/) no ambiente escolhido pauta-se nos valores descritos na Tabela 2 (seção 3.1.4) e nos resultados de Clareza C80 (parâmetro descrito na seção 3.1.3) obtidos na Medição Acústica, cujas médias, por

bandas de oitavas, constam da Tabela 7, na seção 4.1 deste trabalho, além dos gráficos das frequências destas vogais estabelecidos nos gráficos das Ilustrações 3, 4 e 5 da mesma seção.

Como descreve a Ilustração 3 – Gráfico das frequências da vogal /i/, as bandas de oitavas que concentram maior energia sonora quando da pronúncia dessa vogal são 125 e 250 Hz, o que confere a característica de som mais grave. A Tabela 7 – Clareza C80/Sala informa que o ambiente analisado oferece níveis de C80 que prejudicam a inteligibilidade nessas bandas, o que pode distorcer o som enquanto é refletido. Esta vogal apresenta  $f_1$  com valor de 280 Hz e o  $f_2$ , 2.250 Hz (vide Tabela 2), e, da mesma forma, os valores de C80 não colaboram para a inteligibilidade nessas faixas.

A concentração da energia sonora da vogal /u/, assim como do som supracitado, se dá nas bandas de oitavas de 125 e 250 Hz, contudo, esse som possui a peculiaridade de também deter bastante energia nas bandas de 500 Hz e 1 kHz (Ilustração 4). Desta maneira, observa-se que a sala de aula avaliada não oferece boa inteligibilidade para as frequências mais baixas desta vogal, mas permite com facilidade o trânsito sonoro nas bandas mais elevadas. O mesmo ocorre com os formantes desta vogal, visto que o valor para  $f_1$  é de 310 Hz e para  $f_2$  é de 870 Hz (Tabela 2). A Clareza de Fala do ambiente é favorável ao segundo formante mas não ao primeiro, o que pode tornar obscura ao ouvinte a parte mais grave do som.

Por outro lado, o fonema /æ/ demonstra concentrações de energia nas bandas de 125 Hz a 2 kHz (Ilustração 5) quase uniformemente, com formantes  $f_1$  e  $f_2$  localizados, consecutivamente em 690 e 1.660 Hz (Tabela 2), permitindo à onda sonora explorar tanto aspectos negativos da sala de aula quanto à Clareza da Fala, nas bandas de 125 e 250 Hz, quanto os positivos, nas bandas de 500 Hz e 1 kHz. Há de se assinalar, contudo, que os valores constantes da Tabela 7 (de -6,66 a -1,92) explicitam níveis de um ambiente considerado com *boa inteligibilidade*, onde nenhuma posição apontou medidas de C80 maior que 0, ou seja, níveis considerados *excelentes* (VALLE, 2009, p.139), como citado na seção 3.1.3.

Diante do exposto observa-se que a transmissão das vogais analisadas neste ambiente tem as bandas mais graves prejudicadas, o que pode vir a prejudicar a compreensão de palavras onde essas vogais sejam o cerne ou componham os principais sons. Por exemplo, o estudante brasileiro de Inglês como segunda língua teria maior dificuldade em adquirir o contraste entre /æ/ e /ɛ/ (como nas palavras *bad* ‘mal’ e *bed* ‘cama’), uma vez que estes sons possuem  $f_1$  e  $f_2$  bastante próximos, com o agravante de /æ/ não existir em sua língua nativa – o Português.

Segundo Nabelek e Nabelek (1997, apud Gonçalves, Silva e Coutinho, 2009, p.470), a inteligibilidade de fala é afetada por três fatores: o nível de fala, a reverberação da sala e o

ruído de fundo. Na sala de aula avaliada, os resultados da Medição Acústica apontam para uma reverberação incompatível com a atividade de Ensino de Línguas Estrangeiras, além disso, a Abordagem Comunicativa preconiza a comunicação entre os alunos e destes com o professor, o que resulta em altos índices de ruído de fundo que, somado ao barulho proveniente dos corredores, estacionamentos próximos e salas vizinhas, prejudicam ainda mais a transmissão dos sons dentro do ambiente. Resta aos ocupantes da sala elevarem o nível de fala para serem compreendidos, aumentando o desgaste vocal e aumentando o desconforto acústico, num ciclo vicioso.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade crescente de dominar duas ou mais línguas para obter sucesso em diversas áreas da vida, principalmente no campo profissional, tem levado as pessoas a procurar Centros de Ensino de Línguas Estrangeiras.

Este estudo teve como principal objetivo analisar os problemas acústicos em ambientes de Ensino de Línguas Estrangeiras e suas interferências no ensino-aprendizagem. Para a realização dessa análise, tomou-se por principais parâmetros a metodologia de ensino conhecida como *Abordagem Comunicativa*, que preconiza a capacidade real de comunicação dos estudantes com falantes nativos da língua estudada e as medições acústicas realizadas em sala de aula na qual são ministradas aulas tanto para estudantes do Curso de Letras, quanto para estudantes do Curso de Línguas Estrangeiras – Centro de Línguas Católica.

Para esclarecimento quanto a essas condições acústicas ambientais ideais para o Ensino de Línguas Estrangeiras, no primeiro capítulo foram estudados os principais aspectos que envolvem a Abordagem Comunicativa: as habilidades de ler, escrever, falar e entender a língua estudada, tendo como pressupostos básicos que o estudante de Línguas Estrangeiras deve desempenhar sem dificuldades as atividades de participar de uma conversa e entender o que foi dito, assistir filmes, palestras, conferências ou ouvir músicas e entender a mensagem, ler, escrever e interpretar textos com coerência.

No segundo capítulo foram abordados os aspectos relacionados à Fonética, que descreve os sons da linguagem e analisa suas propriedades articulatórias, acústicas e perceptivas. A Fonética Acústica, principal foco deste estudo, partindo do princípio que, para a efetiva comunicação é necessário que exista um emissor e um receptor e que a mensagem emitida por um, deve ser recebida, decodificada, interpretada e compreendida pelo outro, analisa a transmissão dos sons, observando que a existência de condições acústicas ideais possibilitam o pleno aprendizado e o desenvolvimento das habilidades da linguagem.

No caso de estudantes de Língua Nativa, a memória é capaz de completar palavras mal captadas ou compreender frases levando em consideração o contexto em estudo, diferente do que ocorre com estudantes de Línguas Estrangeiras porque ainda não adquiriram um acervo capaz de completar o que não foi absorvido pela audição.

No terceiro capítulo, buscou-se analisar o conforto acústico e a inteligibilidade da fala em um ambiente escolar, estudando o comportamento do som e buscando compreender algumas concepções em relação à Física no que se refere à Fonética Acústica. Para tanto,

foram apresentados o conceito de ondas sonoras, som, ruídos, reverberação. A ciência Física foi explorada neste capítulo a fim de definir as características do som e sua interação com o ambiente buscando-se avaliar os fatores ambientais e acústicos que interferem no processo de ensino-aprendizagem, tais como: propagação do som, tempo de reverberação, níveis de ruídos e inteligibilidade da fala, ou seja, a relação entre palavras faladas e entendidas e que expressas em porcentagem, para alcançar um nível confortável deve ser superior a 90%.

Para constatação quanto aos problemas acústicos em ambientes de Ensino de Línguas Estrangeiras, aliam-se conhecimentos dos Cursos de Letras e de Física da Universidade Católica de Brasília - UCB e a análise da legislação vigente, no caso, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Os testes ambientais foram realizados em uma sala de aula da UCB em que os professores utilizam a Abordagem Comunicativa de Ensino, que exige níveis de conforto acústico e inteligibilidade da fala compatíveis com tal atividade. Os testes buscaram comprovar a existência desses problemas e as alternativas de solução em benefício do aperfeiçoamento do ensino-aprendizagem tanto de Línguas Estrangeiras quanto de qualquer outra modalidade de ensino que possa vir a beneficiar-se com a realização deste estudo.

As medições foram realizadas utilizando-se diferentes parâmetros de análise e, em todos eles, foram encontrados resultados que confirmaram as hipóteses da pesquisa, uma vez que comprovaram a existência na sala de aula com níveis acústicos que provocam desconforto em alunos e professores.

A pesquisa realizada atendeu aos objetivos propostos esclarecendo que o ambiente de sala de aula, mesmo nos padrões de qualidade da UCB pode não oferecer níveis adequados para a relação ensino-aprendizagem, ocorrendo perdas de energia sonora consideráveis no trânsito das ondas entre o emissor e o receptor, mensuradas a partir da avaliação da clareza e inteligibilidade de algumas vogais analisadas. Esses problemas demandam mais atenção e esforço dos envolvidos para o êxito do processo ensino-aprendizagem.

Note-se que a qualidade acústica não se faz importante somente em ambientes de Ensino de Línguas Estrangeiras, mas em todos os locais onde a comunicação é importante e nos ambientes em que se desenvolva o ensino em todas as suas interfaces, principalmente em salas de aula de universidades, tendo em vista que se trata de ambiente utilizado para a formação de professores das mais diversas áreas, ou seja, locais onde o aprendizado deve ser o mais próximo possível do ideal.

Para a adequação acústica dos ambientes às atividades que ali serão desenvolvidas, especialmente de escolas, é necessária a observância da legislação vigente, bem como a



consultoria de um arquiteto especializado no assunto, que será capaz de adequar os materiais utilizados nos revestimentos equilibrando a acústica do ambiente – para evitar que perca a capacidade de reverberação das ondas sonoras ou que seja uma sala extremamente reverberante.

O assunto não se esgota com essa pesquisa, considerando-se principalmente o fato de que as medições e as análises foram realizadas em apenas uma sala de aula da UCB e que um estudo mais aprofundado exigiria uma pesquisa de campo mais ampla, a utilização de equipamentos diversos de medições e possivelmente a ampliação do universo em estudo envolvendo estudos multidisciplinares para uma constatação efetiva desses problemas e os reais desdobramentos em termos quantitativos e qualitativos refletidos nos resultados do ensino-aprendizagem.

O estudo em si pode ser um despertar à comunidade docente e discente quanto às medidas, muitas delas de baixo custo, que podem ser adotadas em curto prazo para amenizar esses problemas tais como: utilização de materiais com maior nível de absorção, paredes com instalação de painel absorvente, fabricados em feltro ou cortiça, por exemplo: piso e teto com tratamento acústico, cortinas produzidas com material adequado e janelas com que possam minimizar barulhos externos à sala de aula e a conversa entre os alunos durante as aulas. Essas medidas capazes de amenizar os problemas acústicos e buscar equilibrar acusticamente o ambiente, melhorando o nível de conforto acústico o que certamente se reverteria na redução do tempo de reverberação do som e na melhoria da qualidade do Ensino de Línguas Estrangeiras e outras modalidades de ensino.

O ideal, na ótica desta pesquisadora, seria que a Universidade Católica de Brasília, uma das instituições que apresentam maior qualidade estrutural para o Ensino de Línguas Estrangeiras no Distrito Federal, pudesse adotar essas medidas e, diante da comprovação de seus resultados, propagá-las para os demais Centros de Ensino de Línguas Estrangeiras e quem sabe num futuro bem próximo, qualquer instituição de ensino, pública ou particular pudesse contar com estruturas físicas mais adequadas ao ensino-aprendizagem.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO E ELETRÔNICO

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4p.

ASHBY, Patricia. **Understanding Phonetics**. London, UK: MPS Limited, 2011.

CALLOU, Dinah, LEITE, Yonne. **Iniciação à Fonética e à Fonologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

DANIEL, Monique O.; CASSIANO, Paloma E. . **Acústica de Auditórios**. Santa Catarina: UFSC, 2008. Disponível em: <[www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2008-2/acustica/auditorios.doc](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2008-2/acustica/auditorios.doc)> Acesso em 09 ago. 2013.

DISTRITO FEDERAL. Decreto nº 20.769, de 8 de novembro de 1999. Aprova as Normas relativas a obras de construção e de construção e de modificação em estabelecimentos de ensino destinados à Educação Infantil, ao Ensino Fundamental e ao Ensino Médio do Sistema de Ensino do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal. Brasília, DF. 8 nov. 1999. Disponível em : < <http://www.sinprodf.org.br/wp-content/uploads/2011/03/decreto-n%C2%BA-20.769-de-03-de-novembro-de-1999.pdf>>. Acesso em 12 set. 2012.

ENIZ, Alexandre de Oliveira; GARAVELLI, Sérgio Luiz (Orient.). **Poluição sonora em escolas do distrito federal**. Brasília: Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Brasília, 2004.

GONÇALVES, Valéria de Sá Barreto; SILVA, Luiz Bueno da; COUTINHO, Antônio Souto. **Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade da fala dos professores**. Produção, v. 19, n. 3, set./dez. 2009, p. 466-476.

GRÈVE, M. de; PASSEL, Frans van. **Linguística e Ensino de Línguas Estrangeiras**. 2. ed. São Paulo, SP: Pioneira, 1975.

GUSMÃO, Cristina de Souza; CAMPOS, Paulo Henrique; MAIA, Maria Emília. **O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo**: uma revisão descritiva.

Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt&pid=S1517-75992010000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt&pid=S1517-75992010000100006)>. Acesso em 19 set. 2013.

HENRIQUES, Claudio Cezar. **Fonética, Fonologia e ortografia**: conceitos, estruturas e exercícios com respostas. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2012.

JONES, Ralph. **Speech Intelligibility Papers**: Machine Measures of Speech Intelligibility. Disponível em: <http://www.meyersound.com/support/papers/speech/section4.htm#sti>. Acesso em 6 ago. 2013.

LADEFOGED, Peter; JOHNSON, Keith. **A course in phonetics**. 6th ed. Boston, MA: Wadsworth, 2006.

LEFFA, Vilson J. Metodologia do Ensino de Línguas Estrangeiras. In BOHN, H. I. ; Vandresen, P. **Tópicos em Linguística aplicada: O Ensino de Línguas Estrangeiras**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1988. p. 211-236.

MALMBERG, Bertil. **A Fonética**. Lisboa: Livros do Brasil, 1954.

NEPOMUCENO, Luíza de Arruda. **Elementos de acústica física e psicoacústica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

NTI Audio. **Speech Intelligibility: Measurement with XL2 Analyzer**. Disponível em: [http://www.elma-instruments.no/ElmaInstruments/\\_res/Modules/FSSync/Mirror/brochure%5C5706445190003\\_AppNote.pdf](http://www.elma-instruments.no/ElmaInstruments/_res/Modules/FSSync/Mirror/brochure%5C5706445190003_AppNote.pdf). Acesso em 09 out. 2013.

OLIVEIRA, Luciano A. **O conceito de Competência no Ensino de Línguas Estrangeiras**. Feira de Santana: Sitientibus, n. 37, p. 61-74, jul./dez. 2007.

PORTELA, Keyla Christina A. **Abordagem Comunicativa na aquisição de Língua Estrangeira**. Cascavel, PR: UNIOESTE, 2006. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/expectativa/article/download/84/294>>. Acesso em 24 set. 2013.

PORTELA, Marcelo. **Materiais Acústicos: Conceitos para acústica arquitetônica**. LVA/UFSC. Disponível em <<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/390.pdf>>. Acesso em 20 set. 2012.

RICHARDS, Jack C. **Communicative Language Teaching Today**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

RICHARDS, Jack C. **Teaching Listening and Speaking**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

RICHARDS J.; RODGERS T. **Approaches and Methods in Language Teaching**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

RIO-TORTO, Graça Maria. **Fonética, Fonologia e morfologia do português: Conteúdos e metodologia**. Coimbra: Colibri, 1998.

RUSSO, Iêda Chaves Pacheco. **Acústica e Psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Lovise, 1999.

SILVA, Thaís Cristófar. **Fonética e Fonologia do português: roteiro de estudos e guia de exercícios**. 6. ed., rev. São Paulo, SP: Contexto, 2002.

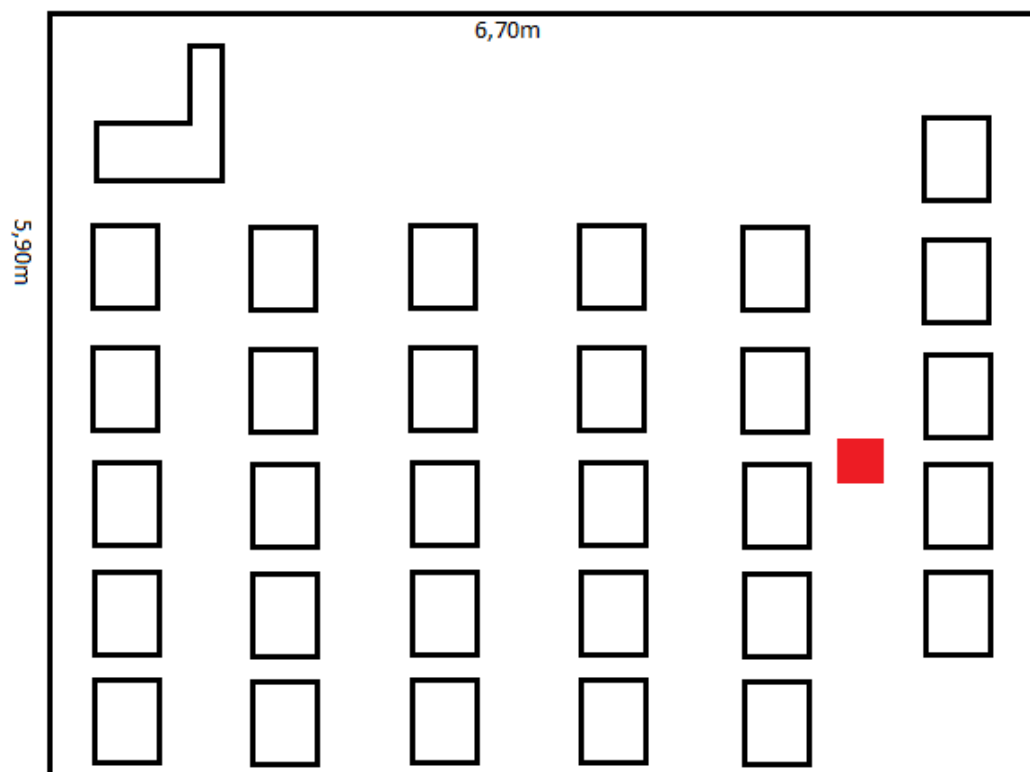
SOUSA, Jorge Pedro. **Elementos de Teoria e Pesquisa da Comunicação e dos Media**. Porto, 2006. Disponível em <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/sousa-jorge-pedro-elementos-teoria-pequisa-comunicacao-media.pdf>> Acesso em 07 out. 2013.

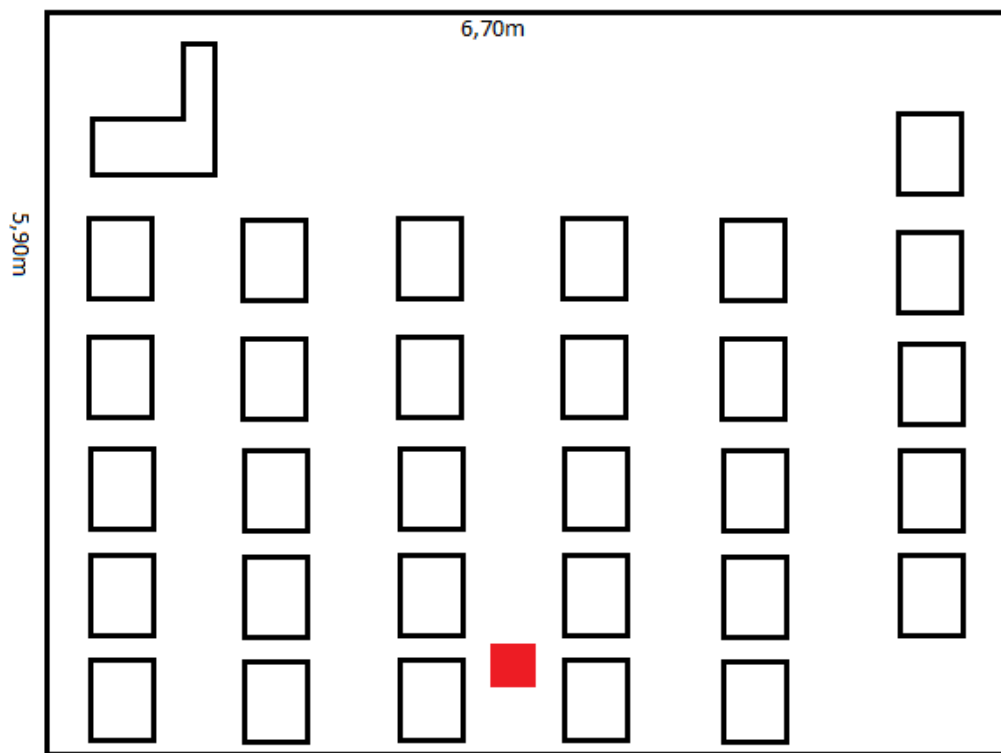
SYMONS, Dan. **Use of Speech Transmission Index (STI) for Voice Intelligibility Testing of Respiratory Protection Devices and Proposed Measurement Method**. Scott Safety, Monroe, North Carolina, USA. Disponível em: <<http://www.isrp.com/boston/docs/abstracts/symons.pdf>> Acesso em 10 set. 2013.

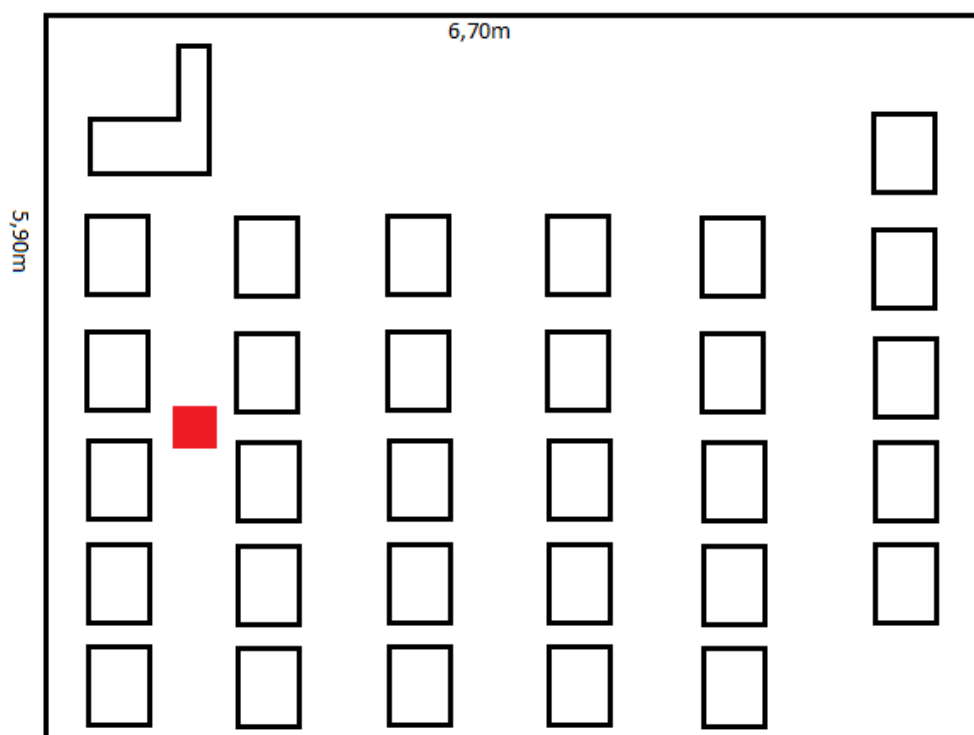
VALLE, Sólton do. **Manual Prático de Acústica**. 3 ed., rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Música & Tecnologia LTDA., 2009.

## ANEXO

## POSIÇÕES DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO ACÚSTICA

Ilustração 6: Posição P<sub>1</sub>Medição Acústica – Posição P<sub>1</sub>

**Ilustração 7:** Posição P<sub>2</sub>Medição Acústica – Posição P<sub>2</sub>

**Ilustração 8:** Posição P<sub>3</sub>Fotografia da Medição Acústica – Posição P<sub>3</sub>